

Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Departamento de Engenharia Florestal
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

**PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE TORAS OCAS DE
ESPÉCIES ARBÓREAS DA AMAZÔNIA PARA O
MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL**

Suzana Helen da Silva Medeiros

Manaus – AM
Abril de 2019

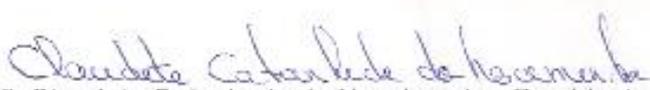
Suzana Helen da Silva Medeiros

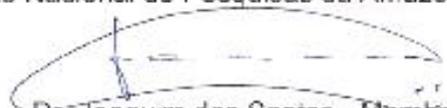
PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE TORAS OCAS DE
ESPÉCIES ARBÓREAS DA AMAZÔNIA PARA O MANEJO
FLORESTAL SUSTENTÁVEL

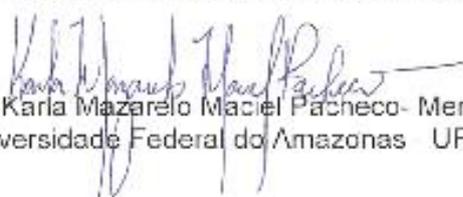
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração em Ciências Florestais e Ambientais.

Aprovada em 11 de Abril de 2019

BANCA EXAMINADORA


Dr^a. Claudete Catanhede do Nascimento - Presidente
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA


Dr. Joaquim dos Santos - Membro
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA


Dr^a. Karla Mazarolo Maciel Pacheco - Membro
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M488p Medeiros, Suzana Helen da
Proposta de utilização de toras ocas de espécies arbóreas da
Amazônia para o manejo florestal sustentável / Suzana Helen da
Medeiros. 2019
108 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Claudete Catanhede do Nascimento
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Rendimento volumétrico. 2. Economia circular. 3. Produtos de
madeira. 4. Viabilidade econômica. 5. Coleópteros. I. Nascimento,
Claudete Catanhede do II. Universidade Federal do Amazonas III.
Título

Agradecimentos

A Deus por guiar-me e por abençoar-me todos os dias.

Aos meus queridos pais, Socorro e José Maria pelos conselhos, incentivo ao estudo e por sempre acreditarem nos meus sonhos.

Ao Daniel Ferreira pelo carinho, amor, incentivo e paciência nesta trajetória,

À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade de crescimento nos estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais pela oportunidade de realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa durante os dois últimos anos.

À Professora Dra. Claudete Catanhede do Nascimento, pela valiosa orientação, amizade, paciência, por confiar no meu trabalho, não medindo esforços para a concretização desta pesquisa.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, pela realização das análises feitas para a madeira em estudo, em especial ao Laboratório de Anatomia da Madeira com orientações do Sr Jorge Alves Freitas e, ao Laboratório de Química da Madeira seguindo orientações do Me Cristiano Souza do Nascimento.

Ao Laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira – LEAM/INPA, pelo apoio durante a realização da pesquisa, em especial ao Gean Dantas e a Geislayne Silva por contribuir diretamente no desenvolvimento desta.

À empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda. pela doação da matéria prima e concessão de informações da empresa, em especialmente aos Engenheiros Marcos e Bruno.

Aos amigos e colegas que colaboraram de alguma forma com o mestrado

E a todos que de alguma forma, contribuíram na realização deste trabalho.

Meus agradecimentos!!!

RESUMO

A exploração de árvores ocas é uma atividade comum na região amazônica, apontado como um dos principais fatores do baixo rendimento volumétrico de madeira nas serrarias. Para que o manejo florestal seja sustentável, é necessário a adoção de novas técnicas para a diminuição de resíduos florestais. Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial tecnológico das madeiras de tora oca na produção de artefatos. Foi realizado um levantamento do diagnóstico de ocorrência de toras ocas no pátio da serraria e de dados de exploração florestal de duas áreas de uma empresa com sede em Itacoatiara-AM. No pátio, as espécies *Vatairea paraenses*, *Ocotea rubra* e *Andira parviflora* tiveram maior ocorrência de indivíduos ocos, enquanto que nos dados de exploração, as espécies foram: *Dinizia excelsa*, *Tabebuia serratifolia* e *Caryocar villosum*. A frequência média para a ocorrência de árvores ocas foi de 6,2%, mostrando um valor representativo de exploração destas. Com isto, foram doados a pesquisa um volume de 2,42 m³ em toras, que, durante o desdobro da madeira, foram encontrados coleópteros da família Cerambycidae. A caracterização da madeira foi feita pela identificação anatômica, análises químicas e físicas, sendo estas confirmadas à espécie de *Astronium lecointei* Ducke. As peças de madeira obtidas no desdobro principal, foram distribuídas a três especialistas, nos seguimentos de movelaria, *Lutheria* e Design. Os produtos obtidos na pesquisa foram: mesas para 6 e 4 lugares, cadeiras, bancos, charangos, molduras, luminária e um artigo decorativo. O rendimento total do volume de madeira para os produtos foi de 53,54%, sendo este valor superior ao exigido pela legislação na conversão de tora para madeira serrada. A análise econômica mostrou uma possível rentabilidade positiva na valoração de venda dos produtos, já que os custos variaram entre R\$ 171,32 a R\$ 3.815,27. A energia obtida para a queima da madeira foi igual 5,5897 kWh, gerando um valor de consumo igual a R\$ 5,26. Desta forma, mostra-se a viabilidade da utilização da madeira de toras ocas para a confecção de produtos com fino acabamento e alto valor agregado, já que o rendimento volumétrico e as propriedades tecnológicas da madeira foram favoráveis, tornando sustentável a prática do manejo florestal na Amazônia.

Palavras-chave: Rendimento volumétrico. Economia circular. Produtos de madeira. Viabilidade econômica. Coleópteros.

ABSTRACT

The exploitation of hollow trees is a common activity in the Amazon region, which is one of the main factors of the low volumetric yield of wood in the sawmills. For forest management to be sustainable, it is necessary to adopt new techniques for the reduction of forest residues. Thus, this research had as objective to evaluate the technological potential of hollow log wood in the production of artifacts. A survey of the diagnosis of occurrence of hollow logs in the sawmill yard and forest exploitation data of two areas of a company based in Itacoatiara-AM was carried out. In the courtyard, the species *Vatairea paraenses*, *Ocotea rubra* and *Andira parviflora* had greater occurrence of hollow individuals, while in the exploration data, the species were: *Dinizia excelsa*, *Tabebuia serratifolia* and *Caryocar villosum*. The average frequency for the occurrence of hollow trees was 6.2%, showing a representative value of the exploitation of these trees. With this, a volume of 2.42 m³ in logs was donated, which, during the unfolding of the wood, were found Coleoptera of the family Cerambycidae. The characterization of the wood was made by the anatomical identification, chemical and physical analyzes, being these confirmed to the species of *Astronium lecointei* Ducke. The pieces of wood obtained in the main unfolding were distributed to three specialists, in the followings of furniture, *Lutheria* and Design. The products obtained in the research were: tables for 6 and 4 seats, chairs, benches, charangos, frames, lamp and a decorative item. The total yield of the wood volume for the products was 53.54%, which is higher than that required by the legislation in the conversion of log to sawn wood. The economic analysis showed a possible positive profitability in the sales valuation of the products, since costs ranged from R \$ 171.32 to R \$ 3,815.27. The energy obtained for burning the wood was 5.5897 kWh, generating a consumption value equal to R \$ 5.26. In this way, it is shown the feasibility of the use of hollow wood to produce products with fine finish and high added value, since the volumetric yield and the technological properties of the wood were favorable, making sustainable the practice of the forest management in the Amazon.

Keywords: Volumetric yield. Circular economy. Wood products. Economic viability. Coleoptera.

Lista de Figuras

Figura 1. Os três princípios estabelecidos na Economia Circular.....	15
Figura 2. Levantamento de toras ocas no pátio da serraria da empresa. Fonte: do Autor.....	22
Figura 3. Imagem das identificações encontradas na tora oca de madeira, onde a plaqueta amarela contém o número de rastreio da tora, e as siglas, com quatro letras escritas na própria madeira, refere-se ao nome da espécie florestal.	23
Figura 4. Medição dos diâmetros do oco das toras de madeira, no pátio da serraria.	23
Figura 5. Matéria prima utilizada na pesquisa.	24
Figura 6. Esquema para obtenção das medidas para o cálculo de volumetria da tora com casca e do oco da tora.	26
Figura 7. Obtenção das medidas para o cálculo de volume para as duas toras ocas.....	26
Figura 8. Retirada do disco de madeira utilizado na caracterização da madeira e desdobramento das toras de madeira utilizando a motosserra.	27
Figura 9. Tipos de sistema de desdobro da madeira.....	27
Figura 10. Disco de madeira com 10 centímetros de espessura, para identificação e caracterização anatômica, além de obtenção de propriedades químicas e físicas da madeira.	29
Figura 11. Amostra completa para a caracterização anatômica, química e física da madeira.	30
Figura 12. a. Amostra de madeira, devidamente orientada às células de raio, para obtenção das características anatômicas da madeira. b. Micrótomo utilizado para desbastar a amostra de madeira, evidenciando características anatômicas da espécie em estudo.	31
Figura 13. Partículas de madeiras obtidas após o desdobro das toras de madeira, colocadas no moinho para que fossem transformadas em serragem.	31
Figura 14. a. Cadinhos de porcelana postas na mufla à 600 °C. b. Pesagem da amostra até a obtenção do peso seco. c. Visualização da amostra após a total carbonização, em estado de cinza.	32
Figura 15. a. Preparação da solução Etanol – Hexano (1:2). b. Solução colocada no balão de fundo chato. c. Adaptação do extrator soxhlet no balão de fundo chato.	33
Figura 16. a. Amostras contendo três gramas de serragem foram colocadas em filtro de papel e pesadas em balança analítica. b. Amostra colocada no extrator Soxhlet. c. Demonstração de como foi realizado o processo de refluxo de extração das amostras.	33
Figura 17. a. Amostras retiradas do extrator Soxhlet após a extração completa. b. Visualização do conteúdo extraído da amostra, por dentro do balão de fundo	

chato. c. Balão de fundo chato com o conteúdo extraído, levado para secar em estufa para obtenção do teor de extrativos da espécie em estudo.	34
Figura 18. a. Demonstração do cadinho com a amostra de serragem em contato com o pavio, sendo colocada na bomba calorimétrica. b. Bomba calorimétrica no balde oval encoberto por água. c. Fechamento do casaco para realizar a combustão (processo necessário para obtenção do poder calorífico).	35
Figura 19. a. Demonstração da amostra após o processo de combustão. b. Máquina utilizada para obtenção do poder calorífico da madeira.	35
Figura 20. a. amostras de serragem postas em banho maria realizando o primeiro processo de extração. b. com a utilização de um filtro de papel, foi realizado uma nova extração da amostra. c. Extração completa das amostras. d. Determinação do pH da madeira em estudo.	36
Figura 21. a. Amostras de madeira, com dimensões específicas superfície radial devidamente identificada, para serem determinadas algumas propriedades físicas da madeira. b. Todas as amostras devidamente identificadas por numeração.	36
Figura 22. Determinação do volume da madeira pelo método de imersão.	37
Figura 23. Aferição das dimensões da amostra de madeira para as superfícies radiais e tangenciais.	38
Figura 24. a. Serra fita. b. Máquina de Tupia. c. Visualização da serraria de pequeno porte.	40
Figura 25. Imagens dos variados tipos e formatos de ocosidade nas toras de madeira.	46
Figura 26. Diagnóstico da frequência de ocorrência de árvores ocas nas duas áreas de estudos. Obs.: <i>Exp02: quantidade de árvores exploradas na área02; Exp01: quantidade de árvores exploradas na área01; oca02: quantidade de árvores ocas na área02; oca01: quantidade de árvores ocas na área01. Os valores em porcentagem (%) são referentes a frequência da ocorrência de árvores com a presença de oco (f_{oca}), identificado por espécie.</i>	55
Figura 27. Toras de madeira recém-chegadas ao LEAM/INPA.	58
Figura 28. As extremidades das duas toras de madeira, demonstrando a mudança da coloração durante o seu tempo de armazenamento até o início do desdobro.	58
Figura 29. Ao retirar a(s) primeira(s) peça(s) do oco, destacaram-se o a. Material escurecido presente na cavidade das toras, e b. As estruturas desuniformes da madeira.	59
Figura 30. Coleóptero da família Cerambycidae coletado durante o desdobro da madeira.	60
Figura 31. Imagens das faces: transversal, longitudinal e radial da madeira da espécie <i>Astronium lecointei</i> Ducke.	62
Figura 32. Demonstração das duas toras de madeira utilizadas na pesquisa. 68	
Figura 33. a. furadeira horizontal para ligação espiga; b. serra de mão para realização da ligação espiga; c. estrutura da peça de madeira para o encaixe da	

ligação espiga; d. encaixe entre as ligações; e. perna da mesa em formato L; f. ligações entre a perna e o esquadro da mesa.	70
Figura 34. Mesa retangular.....	71
Figura 35. a. Tupia fazendo uma abertura de encaixe; b. fresa realizando o arredondamento da borda da peça; c. Utilização de adesivo PVA; d. confecção do aro; e. perfuração com furadeira elétrica para colocação do prego; f. perfuração com furadeira para colocação dos pregos nas ripas do assento; g. moldando o encosto da cadeira; h. curvatura da cadeira, feita com serra fita de mão, i. utilização de pó de serra coladas em cima da cabeça do prego.	72
Figura 36. Cadeiras ripadas.	72
Figura 37. Banco de madeira, com presença de cavidades ocasionadas por organismos xilófagos.....	73
Figura 38. Processos de desenvolvimento dos instrumentos musicais. a. Peças sendo plainadas; b. molde desenhado na peça de madeira, sendo esta preparada para o início da perfuração; c. furadeira no final do braço do charango; d. demonstração da caixa (fundo e lateral) após a perfuração; e. encaixe do braço com a mão do violão sendo coladas com adesivo específico; f. charango pronto para serem encaixadas as peças de madeiras diferentes.	74
Figura 39. Charangos confeccionados a partir de madeira de toras ocas.....	75
Figura 40. Processo de confecção da mesa. a. peças sendo processadas em serra circular. b. Colagem das peças de marchetaria para o tampo. c. peça do tampo sendo redimensionada, conforme medidas projetadas. d. furadeira horizontal realizando furo lateral para ligação das peças, e. ligações do tipo espiga, f. inclinação do corte nas peças da perna da mesa, g. ligação para junção entre as peças da perna da mesa.	76
Figura 41. Mesa triangular de seis lugares.....	76
Figura 42. Molduras confeccionadas a partir da casca da árvore.	77
Figura 43. Luminária feita de peças reaproveitadas da mesa triangular para 6 lugares.	77
Figura 44. Luminárias de mesa a partir de peças únicas obtidas a partir de toras ocas.....	84

Lista de Tabelas

Tabela 1. Nomenclatura de peças de madeira serrada.	28
Tabela 2. Informações dos indivíduos ocos e suas características obtidos do levantamento de toras de madeira realizado no pátio da serraria da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda.	47
Tabela 3. Informações dos indivíduos explorados em área de manejo florestal, com ocorrência e ocosidade no fuste.	50
Tabela 4. Valores de Propriedades Química	63
Tabela 5. Propriedades físicas da madeira.....	65
Tabela 6. Medidas obtidas da cubagem rigorosa para as duas toras ocas.	69
Tabela 7. Resumo da volumetria dos produtos juntamente com o rendimento volumétrico realizado para cada especialista que contribuiu com o projeto.	78
Tabela 8. Precificação a partir dos custos de confecção dos produtos de madeira proveniente de toras ocas, da espécie de <i>A. lecointei</i>	81
Tabela 9. Precificação dos produtos de acordo com os especialistas que os confeccionaram.	82

Sumário

1.	Introdução	1
2.	Objetivo	4
2.1.	Geral	4
2.2.	Específico.....	4
3.	Revisão de Literatura	5
3.1.	Potencial madeireiro na Região Amazônica.....	5
3.1.1.	Manejo e exploração florestal.....	5
3.1.2.	Mercado de madeiras tropicais.....	6
3.1.3.	Processamento mecânico da madeira e seus resíduos	8
3.1.4.	Madeiras oca	9
3.1.5.	Economia Circular	12
3.2.	Características da Madeira	16
3.2.1.	Propriedades Químicas da Madeira	18
3.2.2.	Propriedades físicas da madeira	19
4.	Material e Métodos	21
4.1.	Caracterização da área de estudo	21
4.2.	Diagnóstico de toras ocas	22
4.3.	Obtenção da matéria prima.....	24
4.4.	Volumetria, Desdobro e rendimento de toras ocas	24
4.4.1.	Cubagem e volume real das toras.....	24
4.4.2.	Processamento mecânico	26
4.4.3.	Coeficiente de Rendimento Volumétrico – CRV	28
4.4.4.	Secagem das peças de madeira	29
4.5.	Caracterização da madeira selecionada	29
4.5.1.	Identificação e caracterização da espécie	30
4.5.2.	Propriedades Químicas	31
4.5.3.	Propriedades Físicas da Madeira	36
4.6.	Identificação e agrupamento tecnológico da madeira	39
4.6.1.	Especialistas e principais seguimentos de produção.....	39
4.6.2.	Desenvolvimentos dos produtos.....	40
4.7.	Análise da viabilidade econômica produtiva de madeiras ocas	41

4.7.1.	Análise econômica do desdobramento das duas toras ocas.....	41
4.8.	Análise descritiva dos dados.....	44
5.	Resultados e Discussão.....	45
5.1.	Diagnóstico das espécies arbóreas com presença de oco.....	45
5.1.1.	Análise de campo no pátio da serraria.....	45
5.1.2.	Banco de dados da empresa.....	49
5.2.	Avaliação e Caracterização da madeira.....	57
5.2.1.	Avaliação visual da qualidade das duas toras ocas.....	57
5.3.	Desdobro e rendimento volumétrico das toras de madeira.....	68
5.3.1.	Confecção dos produtos.....	69
5.3.2.	Rendimento volumétrico.....	78
5.3.3.	Análise econômica para os produtos confeccionados com madeira de <i>A. lecointei</i> Ducke.....	80
5.3.4.	Geração de energia a partir da queima de madeira de <i>A. lecointei</i> Ducke 82	
5.3.5.	Viabilidade econômica do estudo.....	83
6.	Conclusão.....	85
7.	Recomendações.....	86
8.	Referencial Teórico.....	87

1. Introdução

A Amazônia brasileira possui grande diversidade de espécies, abrigando mais da metade da biota mundial (UHL et al., 1997). Essa riqueza contribuiu para a disseminação da exploração madeireira da região, dando espaço ao desmatamento e a extração ilegal de madeira. Concomitantemente a isto, estudos e políticas públicas são constantemente elaboradas e modificadas visando a melhor utilização das florestas nativas. Uma das alternativas criadas para diminuir o desmatamento foi o manejo florestal sustentável, que segundo o Ministério do Meio Ambiente, tem carácter tanto de respeitar os mecanismos de sustentação do ecossistema quanto a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços florestais.

Apesar da exploração madeireira ser uma das principais rendas econômicas dos estados da região amazônica, de acordo com Barros e Veríssimo (2002), estes números atraentes em termos econômicos não refletem os impactos ecológicos da exploração sobre o recurso florestal. Deve-se a isto, o pouco desenvolvimento tecnológico e a falta de alternativas sustentáveis criadas ao longo da trajetória de exploração florestal na Amazônia. No entanto, Braz et al. (2014) elucida a necessidade das atividades de sustentabilidade no manejo florestal, no qual deve-se haver um maior planejamento e avaliação do potencial da utilização racional e eficiente dos recursos florestais.

O rendimento no processamento das toras na serraria é uma importante questão que tem relação intrínseca com a sustentabilidade na utilização dos recursos florestais (DANIELLI et al., 2016). Quando o rendimento volumétrico após processamento mecânico da madeira resulta em um valor baixo, entende-se que houve grandes perdas durante o processo, gerando um alto índice de resíduos madeireiros.

No entanto, a própria resolução do CONAMA N°474 de 2016, estabelece um baixo rendimento volumétrico, permitindo a venda de apenas 35% do volume registrado no sistema DOF (FARIAS, 2016), ou seja, esta porcentagem refere-se ao Coeficiente de Rendimento Volumétrico (CRV) para transformações das matérias-primas tora e torete em madeira serrada.

De acordo com estudo realizado por Clement e Higuchi (2006), o rendimento médio da maioria das espécies processadas nas serrarias na Amazônia, é de aproximadamente 30%. Tal rendimento é resultado da falta de tecnologia empregada na indústria madeireira da região. Atrelado a isto, o aumento progressivo da quantidade de madeira desdobrada tem revelado problemas como o crescimento do consumo da matéria-prima madeira, em um momento que o mercado apresenta diminuição de oferta da mesma (BRAND et al., 2002).

Assim, além do desenvolvimento tecnológico no processo de desdobro da madeira, também devem existir alternativas sustentáveis, visando a máxima utilização da madeira. Para Araújo (2003), a geração de resíduos na indústria florestal no Brasil tem mostrado valores expressivos, o que leva a considerar seriamente a sua utilização na cadeia produtiva, pois não representa só um problema econômico, por meio do desperdício, como também um sério problema de caráter ambiental.

Na indústria madeireira há diversos tipos de resíduos, variando desde a costaneira até o pó-de-serra, gerados do desdobro primário ao produto final. Os resíduos também podem variar de acordo com a espécie, máquinas utilizadas e do tipo de corte no processamento mecânico da madeira. No entanto, há outros fatores, como a qualidade da tora, que também podem influenciar no alto índice do resíduo. É comum encontrar nas serrarias da região amazônica toras com presença de ocosidade. A exploração de árvores ocas ainda é bastante questionável, tanto do ponto de vista ecológico como econômico.

Entretanto, a realidade nos pátios das serrarias mostra a forte presença destas madeiras ocas, influenciando tanto no rendimento final de madeira serrada, quanto no alto volume de resíduos gerados nas serrarias. Alguns trabalhos, como o de Brand et al. (2002); Araújo (2003); Dutra e Nascimento (2005); Biasi e Rocha (2007); Bufalino et al. (2012); Braz et al. (2014); Silva et al. (2014); entre outros autores, quantificaram e avaliaram os resíduos madeireiros do processamento mecânico da madeira, mostrando que há a possibilidade de direcioná-los a outros fins, que não seja a geração de energia ou simplesmente a inutilidade deste material.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo realizar um estudo com madeiras ocas, no intuito de proporcionar alternativas para melhorar o aproveitamento desta madeira, aumentando o rendimento volumétrico e diminuindo a quantidade de resíduos gerados a partir desta característica, no qual, é bastante encontrada na região amazônica principalmente, em função de geração de energia.

Hipótese do trabalho

O uso da tecnologia da madeira e adesão de novos processos podem contribuir para a consolidação do manejo florestal sustentável da região amazônica.

2. Objetivo

2.1. Geral

Avaliar o potencial tecnológico das madeiras de tora oca na produção de artefatos.

2.2. Específico

- Diagnosticar toras oca de espécies arbóreas em área de produção florestal;
- Avaliar o rendimento de toras ocas;
- Avaliar propriedades físicas e químicas da madeira selecionada;
- Identificar e agrupar o potencial tecnológico da madeira.

3. Revisão de Literatura

3.1. Potencial madeireiro na Região Amazônica

3.1.1. Manejo e exploração florestal

A floresta amazônica é a maior reserva contínua de floresta tropical úmida existente, ocupando aproximadamente 6 milhões de km², com características complexas, tanto de carácter ambiental quanto sociocultural (BRAZ et al, 2014; HIGUCHI et al, 2006; OLIVEIRA; AMARAL, 2004). A Amazônia legal brasileira corresponde a 2/3 do território nacional (LIMA; SANTOS; HIGUCHI, 2005), possuindo um papel de regularizador climático, prestando serviços ambientais e na estocagem de carbono (PEREIRA, 2010). Além disso, estima-se que haja grande volume madeireiro na região, cerca de 60 bilhões de m³ em toras, de acordo com Barros e Veríssimo (2002), tornando-se assim, uma região com grande potencial para exploração deste recurso natural.

O setor florestal, com a industrialização madeireira, é uma das três principais atividades econômicas dos Estados que a região amazônica abrange, colaborando economicamente de forma positiva, ficando atrás apenas das atividades pecuaristas e mineradoras (PEREIRA, 2010). Tal valorização da região amazônica com potencial às espécies madeireiras fomentou a exploração de madeiras ilegais e, segundo Biasi e Rocha (2007), de forma não-racional, o que contribui até hoje, no alto índice de desmatamento, como aponta o Sistema de Alerta de Desmatamento – SAD, do Imazon (2019), o crescimento de 54% de áreas desmatadas na Amazônia Legal (11 quilômetros quadrados) somente entre janeiro de 2018 a janeiro de 2019, resultando em 108 quilômetros quadrados de florestas degradadas.

Dada a crescente pressão pela demanda nacional e internacional por madeiras de uso industrial (HUMMEL, 1997), soluções são criadas visando combater e diminuir o desmatamento, dentre elas destacou-se a importância do manejo florestal sustentável que, de acordo com Hummel (1997) e Braz et al (2014), possui o dever de combater a exploração irracional e ilegal da madeira, além de fomentar estratégias de desenvolvimento.

A exploração florestal, mediante ao manejo florestal sustentável, tem por finalidade a utilização de múltiplas espécies madeireiras (MMA, 2017), possuindo estas, alto valor comercial. Estima-se que haja cerca de 6.000 espécies arbóreas na região amazônica, cujo utilização comercial para fins

madeireiros é de 100 espécies, onde destas, apenas 13 são direcionadas à exportação (BIASI, 2005). No entanto, atualmente o IFT (Instituto Floresta Tropical) reconhece 91 espécies de árvores potencialmente comerciáveis (ELEUTÉRIO, 2011). Assim, para difundir um número maior de possíveis espécies com potencial madeireiro, é indispensável realizar estudos minuciosos atrelados a avanços tecnológicos, viabilizando a comercialização interna e externa desta matéria-prima (IWAKIRI, 1990; BIASI, 2005).

3.1.2. Mercado de madeiras tropicais

O setor florestal brasileiro possui uma grande representatividade econômica no país, onde contribuiu com cerca de 1,1% do Produto Interno Bruto (PIB) no ano de 2017, de acordo com o *Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA* (2018). Somente no mês de março de 2018, de acordo com MDIC – *Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços* – houve um aumento de 15,9% de produtos semimanufaturados exportados do Brasil, tendo como um dos destaques desta categoria, a madeira serrada (MDIC, 2018).

Apesar do seu atual destaque econômico no país, as madeiras tropicais já possuíram êxitos bem maiores dos registrados recentemente. Desta forma, os declínios econômicos ao longo do tempo, podem ser destacados em alguns anos, como os de 1998 e 2004, onde o consumo de madeira em tora caiu de 28,3 milhões de metros cúbicos em 1998 para 24,5 milhões de metros cúbicos em 2004 (LENTINI et al., 2005). Já no ano de 2009, a crise econômica mundial fez com que o consumo de madeira em tora caísse ainda mais, para 14,2 milhões de metros cúbicos (HUMMEL et al. 2010) gerando 5,8 milhões de metros cúbicos de madeira processada (PEREIRA et al. 2010).

A ITTO – *International Tropical Timber Organization* (2016), publicou em sua revista bianual (2015-2016) que o Brasil, juntamente com a Indonésia, Índia e Malásia, forma o grupo dos principais países produtores de madeira tropical. Somente no ano de 2015, este grupo obteve cerca de 66% da produção total de madeira tropical do mundo (ITTO, 2016).

O Brasil também é um dos principais produtores de madeira em tora, juntamente com o EUA, Rússia e China. Juntos, esses países produziram 1.022 milhões de m³ em 2016 (ou seja, 55% da produção mundial total). O EUA é de

longe o maior produtor do mundo (357 milhões de m³ em 2016), observando um crescimento anual desde 2012. Na Rússia e no Canadá a produção aumentou a partir de 2012, já a produção na China e no Brasil diminuiu em 2015, experimentando uma recuperação em 2016 (FAO, 2016).

O destaque positivo do Brasil no setor florestal deve-se principalmente pela área de floresta nativa e volume de madeira tropical contidos na Amazônia brasileira. Assim, o Brasil tornou-se um dos principais produtores de madeira tropical do mundo e que, com o esgotamento dos estoques da Indonésia e Malásia, a atividade madeireira no Brasil ganhou espaço considerável no mercado internacional ao longo dos anos, proporcionando aumento nos índices de produtos exportados do país, tornando-se o principal fornecedor para suprir a demanda por madeira tropical (SILVA; SILVA; CORDEIRO, 2012; DANIELLI et al., 2016; HUBER; COY, 2017).

O setor florestal na região Amazônica passou por alguns processos de mudanças de longo alcance, tornando-se uma atividade econômica importante para o desenvolvimento regional em vários lugares na Amazônia. O potencial madeireiro na região fez com que a exploração de madeira fosse ligada às altas taxas de desmatamento e assim o setor florestal caiu na mira da crítica ambiental internacional e nacional (HUBER; COY, 2017).

Atualmente, os processadores de madeira tropical no estado do Amazonas, experimentam um declínio na disponibilidade de madeira em tora para o setor, o que resultou no fechamento de muitas operadoras (ITTO, 2016). De acordo com Danielli et al. (2016), houve uma redução no número de empresas madeireiras na região amazônica, de 3.132 para 2.227 no ano de 2013.

Embora o tamanho do recurso e a disseminação da colonização tenham dificultado o controle da ilegalidade florestal, avanços significativos foram feitos em direção ao manejo sustentável na Amazônia brasileira, com a área de floresta natural certificada tendo dobrado desde 2005 e regulamentações governamentais mais rígidas (ITTO, 2016).

No entanto, a extração ilegal e práticas insustentáveis de manejo florestal continuam na região amazônica, com o aumento do desmatamento no ano de 2016. Semelhante às estimativas de produção da Indonésia, as estimativas de

produção de toras brasileiras provavelmente serão consideravelmente maiores se as colheitas não oficiais/ilegais forem consideradas (ITTO, 2016).

3.1.3. Processamento mecânico da madeira e seus resíduos

É importante salientar a falta de tecnologia no processamento mecânico da madeira na região amazônica, sendo este um dos principais fatores influentes na sua qualidade e valorização dos produtos gerados (IWAKIRI, 1990; BIASI, 2005; BRAZ et al. 2014). Visto que, a sustentabilidade possui uma relação intrínseca com o processamento da madeira, onde o nível de aproveitamento da matéria-prima influencia diretamente sobre a área de floresta explorada necessária para atender à demanda por madeira (DANIELLI, 2013).

Atualmente, estudos mostram baixo rendimento de madeira serrada (CLEMENT; HIGUCHI, 2006; BIASI; ROCHA, 2007; DANIELLI, 2013) resultando assim, em alta taxa de geração de resíduos (BRAZ et al, 2014). Além disso, dado que a própria legislação vigente, permite a comercialização de apenas 35% do volume de madeira estimada ainda no momento do inventário florestal (CONAMA, 2006), sendo os outros 65% caracterizados como resíduos florestais, onde segundo Biasi e Rocha (2007), são muito utilizados nas serrarias da região amazônica, quase que de forma restrita, como fonte alternativa para geração de energia.

Necessita-se assim, a melhor aplicabilidade do termo sustentabilidade às áreas de manejo florestal, no qual possam oferecer produtos inovadores, a partir do aproveitamento dos recursos florestais oriundos da exploração florestal e processamento da madeira (BRAZ et al., 2014). De acordo com Biasi e Rocha (2007) a melhoria do nível tecnológico industrial, no qual o Brasil apresenta grande carência nesse aspecto, é condição essencial para o aproveitamento máximo da matéria-prima e está diretamente relacionado com a conservação dos recursos florestais.

De acordo com Biasi (2005), por vários anos a indústria madeireira considera os resíduos como subprodutos problemáticos do processamento da madeira e procura desfazer-se dos mesmos, utilizando-os para aterro (entulho e lixo), ou incinerando-os, apenas com a finalidade de desocupar os pátios sem realizar aproveitamento energético. No entanto, Fontes (1994) mostra que a

geração de resíduos depende de vários fatores, sendo estes, desde as propriedades intrínsecas da madeira, passando pelo tipo e sistema de produção adotado, até o produto final. Além disso, seria irracional não promover o aproveitamento máximo destes subprodutos do beneficiamento primário da madeira, tendo a oportunidade de convertê-los em produtos com alta aceitação no mercado (FONTES, 1994).

Todo resíduo produzido no setor é verde e tem grande potencialidade de utilização para outros usos além da energia (BRAND et al., 2002). Entre os resíduos florestais gerados durante o processamento da madeira serrada, cerca de 50 a 70% do volume de madeira em tora resultam em casca, costaneiras, refilos, aparas, peças defeituosas, maravalhas e serragem (BIASI, 2005; ARAÚJO, 2003), sendo os principais, segundo Fontes (1994), as costaneiras e serragem, chegando a apresentar 25 a 70% do volume de tora.

3.1.4. Madeiras oca

Entre os resíduos gerados durante o processamento mecânico da madeira, há também aqueles advindos de toras ocas. Não há literaturas que justifiquem de uma forma clara, a exploração ou não de árvores que possuem tal deformidade para a produção de madeira serrada, porém, toras ocas são normalmente encontradas nos pátios de serraria na região amazônica. Além disso, a forma de identificação destas árvores ocas no momento da exploração consiste em técnicas obsoletas, sendo o teste do oco a mais utilizada (AMARAL et al., 1998; FARIAS, 2016), no qual, não gera confiabilidade da presença ou não de oco na madeira; no entanto, é um teste necessário já que os manejadores, por mais que possuam experiência prática, não são capazes de prever a presença de árvores ocas (ELEUTÉRIO, 2011).

A madeira oca, segundo Rayner e Boddy (1988) possui tal cavidade e podridão no núcleo, pois resultam na gradual colonização e decomposição do cerne pelos fungos, entre outros organismos degradadores. Para Jankowsky (1990) a degradação da madeira acontece em função da reciclagem de nutrientes dentro de um ecossistema, sendo ocasionada por insetos e microrganismos.

Assim, podemos apontar os principais agentes degradadores da madeira, sendo estes os fungos (OLIVEIRA et al., 1986) e insetos, com algumas espécies de besouros (Coleóptera), cupins (Isóptera), abelhas, vespas e formigas (Himenóptera) (ROCHA, 2001). Entre estes, os besouros, principalmente os broqueadores, ganham destaque como os mais prejudiciais às essências florestais, tanto pela dificuldade de controle como pelo dano causado (BERTI FILHO, 1979), onde não só atacam madeira de árvores recém abatidas ou no estado seco, como em madeira de árvores vivas (ROCHA, 2001).

Esses organismos degradadores reconhecem os polímeros naturais da parede celular como fonte de nutrição, e alguns deles possuem sistemas enzimáticos específicos capazes de metabolizá-los em unidades digeríveis (OLIVEIRA et al., 1986). Tais organismos, ganham acesso ao cerne tipicamente somente depois que uma árvore sofre uma ferida na superfície, mas somente se as barreiras anatômicas e as defesas químicas produzidas pelos tecidos da casca e do alburno forem ultrapassadas (SCHWARZE; ENGELS, 2000).

De acordo com Kumode (2008) e Oliveira et al. (1986), a presença de oco na região interna de algumas árvores apresenta a diminuição da resistência da região externa do cerne em direção à medula, estando essa relacionada à gradual conversão dos extrativos tóxicos em compostos de menor toxidez, à medida que árvore envelhece.

De acordo com Fan et al. (2003) as árvores ocas são as características estruturais mais impactadas pelas práticas de manejo florestal. Estas árvores ocas são retiradas da floresta com o objetivo de aumentar o rendimento futuro de madeira de uma determinada área, além de diminuir os riscos de acidente e os futuros obstáculos na área de manejo florestal, já que estas árvores estão mais suscetíveis à queda, seja por algum estresse natural, fisiológico ou resultado da prática do manejo florestal (HOLLOWAY et al., 2007).

Eleutério (2011), em estudo identificando a distribuição de árvores ocas em área de manejo madeireiro na Amazônia oriental brasileira, obteve resultados no qual despertam a curiosidade da dinâmica quanto a madeiras que possuam tal característica abordada neste tópico. Isso, pois em área de estudo com 22 Unidades de Trabalho – UTs (sendo cada UT de aproximadamente 100 ha), voltados à exploração madeireira, foram inventariados em média 1300 árvores ≥

45 cm de DAP, onde destas, em média 5% dos indivíduos por UT apresentaram cavidade no cerne ou o núcleo podre (oco na madeira), variando de 0,1 a 30% por UT.

Ainda no estudo de Eleutério (2011), uma das características encontradas imprescindíveis para identificar árvores com oco, foi a densidade da madeira. De acordo com Corassa (2014) as madeiras de baixa densidade são mais facilmente deterioradas por organismos xilófagos, pois possuem certa facilidade mecânica de adentrá-las, já que estes utilizam os constituintes orgânicos da madeira, como fonte de alimento.

Apesar disto, Eleutério (2011) constatou uma relação inesperada, onde a maioria das árvores ocas pertenciam a espécies com alta densidade da madeira (como *Dinizia excelsa* Ducke, *Manilkara huberi*, *Manilkara bidentata*, *Astronium lecointei*, entre outras espécies). Outro fator inerente foi a relação do DAP e a presença de ocos na madeira, onde a ocorrência destas deu-se em árvores com maior DAP e mais antigas. No entanto, esta relação pode estar condicionada a sustentação mecânica da madeira, onde árvores com maior densidade podem conferir maior resistência a forças bióticas e abióticas que causam a quebra da haste, podendo assim, garantir sua sobrevivência por longos períodos.

Para Eleutério (2011), manter ou cortar árvores não saudáveis (com a presença de oco) é uma questão com implicações ecológicas e econômicas. De acordo com Danielli (2013), muitos influenciadores de opiniões não acreditam na viabilidade da exploração de árvores ocas. Um destes motivos está relacionado ao rendimento volumétrico e alta geração de resíduos, já que não é comum realizar o direcionamento de corte, mas sim, segundo Murara Junior, Rocha e Timofeiczuk Junior (2005), o desdobro convencional, consistindo num sistema de corte tangencial, onde a tora é fatiada tentando obter o maior número de peças.

Assim, Danielli (2013) explana sobre a exploração de árvores ocas, onde do ponto de vista ecológico, seria esperado que a retirada das árvores ocadas da floresta proporcionasse benefícios, como o melhoramento genético da espécie; contribuição para os serviços ambientais, com a diminuição das emissões de carbono à atmosfera, além do abrigo de pequenos animais. Por outro lado, pelo ponto de vista econômico, é importante considerar os altos

custos de exploração, principalmente, na fase do transporte das toras da floresta até a serraria, o que torna a exploração das árvores ocadas viável até certo ponto, ainda tem a questão da incerteza de troncos aproveitáveis para a comercialização.

3.1.5. Economia Circular

Predominantemente, a sociedade contemporânea adota o modelo de produção linear, baseando-se em uma produção a partir da extração de matérias primas, venda do produto e o seu descarte como resíduo (Luz, 2017). Este modelo de economia linear, utilizado desde a Revolução Industrial, aumentou a eficiência na produção e proporcionou a descoberta de novas tecnologias (Andrews, 2015; Azevedo 2015). A princípio, com o desenvolvimento a partir da mecanização e de novos sistemas de produção, foi possível aumentar a quantidade, a variedade e a velocidade dos produtos, além de fornecer produtos a preços acessíveis (Luz, 2017).

No entanto, o aumento da escassez dos recursos vem indicando que os modelos lineares de se fazer negócios, baseando-se em “extrair – produzir – descartar”, estão chegando cada vez mais perto do seu limite. Com isto, torna-se inviável continuarmos com esta atual economia. Assim, o pressuposto à ruptura do modelo de economia linear dar-se por outro modelo, denominado como Economia Circular, ou também conhecido, Economia Restaurativa por Natureza (Azevedo, 2015; CNI, 2018).

A economia circular é um conceito nascido na década de 70 e que ganhou força nos anos 90, que possui uma visão voltada a evitar a geração de resíduos, elevando o máximo aproveitamento da matéria prima e reaproveitamento dos resíduos como recursos secundários para outra cadeia de produção. Além disso, a implantação desse modelo de economia circular tem por objetivo que todos os tipos de materiais sejam elaborados para circular de forma eficiente e serem recolocados na produção, sem perda da qualidade (Azevedo, 2015; Andrade et al., 2016).

Este modelo de produção circular possibilita as empresas atingirem uma rentabilidade sustentada garantindo a sua vantagem competitiva, realizando desta maneira, o desenvolvimento sustentável econômico, social e ambiental (Andrade et al., 2016). Além disso, segundo Luz (2017), a adoção deste modelo

de economia oferece benefícios ao nosso meio ambiente e saúde, o que, no fim, podem ser traduzidos como benefícios econômicos para a sociedade. Além disso, eficiência de recursos ampliada se alinha muito bem à política climática, um exemplo disto é a Holanda, cujo modelo já foi implementado no país, colaborando com uma estimativa de redução de 9% nas emissões anuais de CO₂ (Luz, 2017).

Embora o tema da economia circular tenha surgido a décadas, as discussões sobre sua implementação são recentes no Brasil. O assunto emergiu fortemente, em escala mundial, em 2012, quando a Ellen MacArthur Foundation publicou o primeiro de uma série de relatórios intitulados “Em direção a uma economia circular” (Azevedo, 2015). Atualmente, algumas empresas brasileiras já realizaram a adoção deste modelo de economia, apresentando resultados positivos, tendendo assim, que a adoção pela economia circular só aumente nos próximos anos (CNI, 2018).

Esta forma de economia possibilita a criação de produtos de ciclos múltiplos de uso, reduz a dependência em recursos ao mesmo tempo em que elimina o desperdício. Assim, os produtos e serviços desse modelo são elaborados para circular de modo eficiente, tendo o principal objetivo em interligar redes de negócios por meio da transformação desses materiais. Onde, se um componente de um produto não puder ser recolocado na produção da empresa que o fabricou, poderá ser transformado pelo seu fornecedor ou por terceiro que tenha interesse, gerando assim, novos fluxos de receita (Azevedo, 2015).

De acordo Ellen Macarthur Foundation¹, o modelo de economia circular possui três princípios, sendo estes destacados na Figura 1 e detalhados posteriormente.

Dentre os três princípios da economia circular, temos:

Princípio 1: Preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis. Isso começa com a desmaterialização dos produtos e serviços – com sua entrega virtual, sempre que isso for o ideal. Quando há necessidade de recursos, o sistema circular

¹ Modelo da Economia Circular restaurativa criado por Ellen Macarthur Foundation: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org>

seleciona-os com sensatez e, sempre que possível, escolhe tecnologias e processos que utilizam recursos renováveis ou que apresentam melhor desempenho. Uma economia circular também aprimora o capital natural estimulando fluxos de nutrientes dentro do sistema e criando as condições necessárias para a regeneração, por exemplo, do solo.

Princípio 2: Otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico. Isso significa projetar para a remanufatura, a renovação e a reciclagem, de modo que componentes e materiais técnicos continuem circulando e contribuindo para a economia. Sistemas circulares usam os menores circuitos internos, maximizam o número de ciclos consecutivos e/ou o tempo dedicado a cada ciclo, prolongando a vida útil dos produtos e intensificando sua reutilização. Por sua vez, o compartilhamento amplia a utilização dos produtos. Como em qualquer sistema linear, a busca de ganhos de produtividade em todas essas alavancas é útil e requer aprimoramentos contínuos do sistema. Mas, diferentemente do que ocorre em um sistema linear, um sistema circular não comprometeria a efetividade.

Princípio 3: Estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio. Isso inclui a redução de danos a sistemas e áreas como alimentos, mobilidade, habitação, educação, saúde e entretenimento, e a gestão de externalidades, como uso da terra, ar, água e poluição sonora e da liberação de substâncias tóxicas.

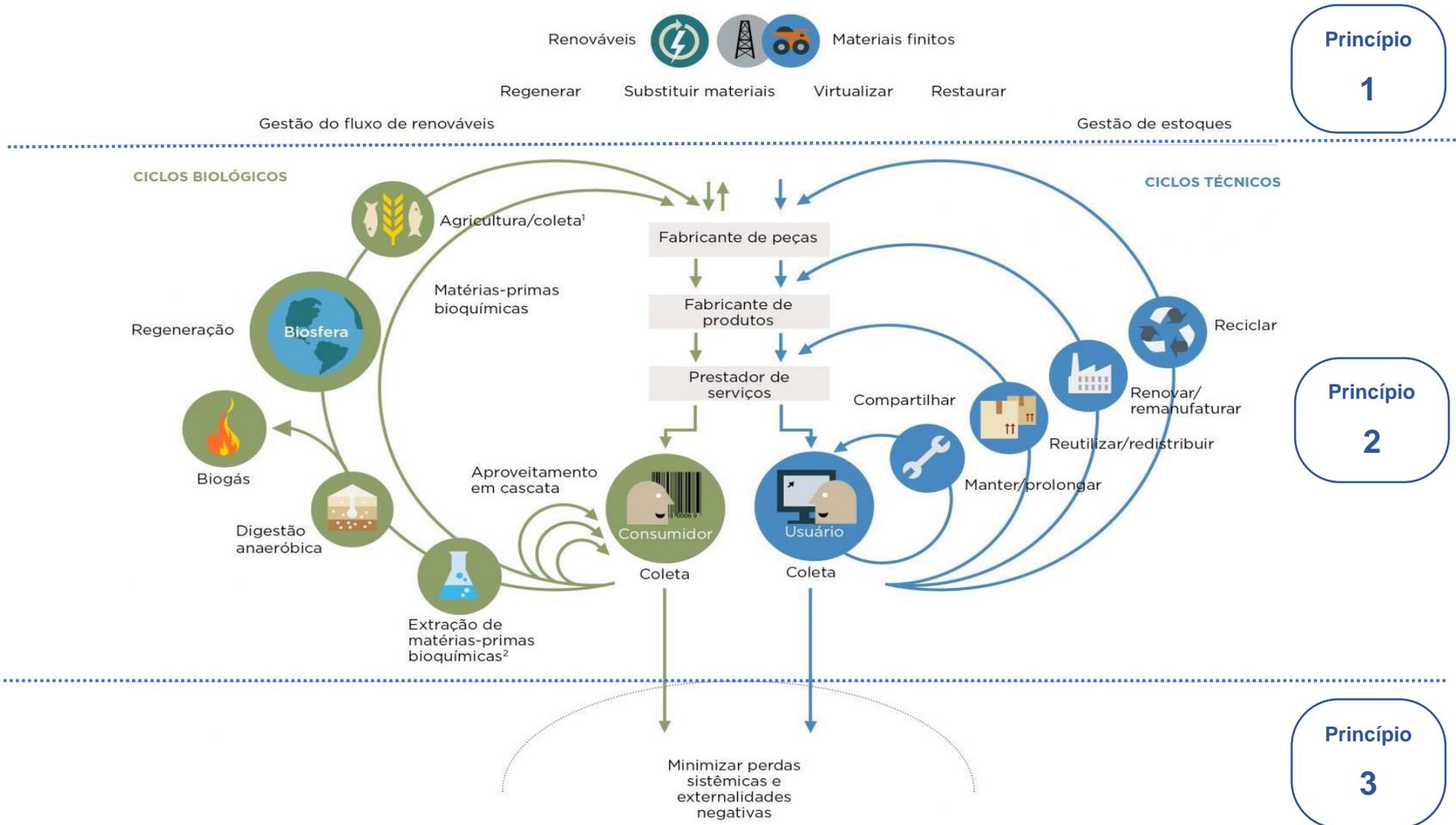


Figura 1. Os três princípios estabelecidos na Economia Circular.

Contudo, a busca pela economia circular tem fator fundamental, principalmente nas transformações dos modelos de negócio junto aos valores dos processos de desing, também conhecido com Processo de Desenvolvimento de Produtos e Serviços, pois é nele que as principais decisões relacionadas ao ciclo de vida do produto/serviço são tomadas (CNI, 2018).

Para que o modelo de economia circular seja implementado pelas empresas e se torne viável, necessitamos que o mindet ou modelo mental seja transformado, de modo a incorporar os elementos do mundo circular, representando a grande mudança cultural necessária. Pois, além de todos os benefícios já mostrados anteriormente, a adoção deste modelo criará mais atividades econômicas estruturadas relacionadas aos ciclos reversos, como a reciclagem (recuperação de materiais) e a remanufatura (recuperação de produtos), promovendo assim, novos negócios com soluções inovadoras que aumentem a competitividade e a penetração da indústria nacional nos mercados nacional e global (CNI, 2018).

3.2. Características da Madeira

A madeira é um material orgânico, heterogêneo, poroso, higroscópico e anisotrópico (KOLLMANN, 1959). Por ser um produto biológico de grande variabilidade, a madeira possui uma estrutura bastante complexa, composta de produtos químicos e diferentes tipos de células que agem em conjunto para atender às necessidades de uma planta viva (WIEDENHOEFT, 2010). Assim, em função da grande complexidade desse material, deve-se utilizá-lo de uma forma adequada, maximizando o seu uso (CREMONEZ, 2016).

Em relação a composição química elementar da madeira, pode-se afirmar que não há diferenças consideráveis, levando-se em conta as madeiras de diversas espécies. Os principais elementos existentes são o Carbono (C), o Hidrogênio (H), o Oxigênio (O) e o Nitrogênio (N), além de pequenas quantidades de Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg) e outros, constituindo as substâncias minerais existentes na madeira (KLOCK; ANDRADE, 2013).

Basicamente, a madeira é constituída por seus componentes macromoleculares de lignina, celulose, hemiceluloses (KLOCK; ANDRADE, 2013), e em menor fração, extrativos e material inorgânico (BRAND, 2010).

A lignina é responsável tanto pela resistência mecânica da madeira, como pelo suporte para dispersão dos metabólitos excretados pelas células (Morais et al., 2005). Do ponto de vista morfológico a lignina é uma substância amorfa que, durante o desenvolvimento das células, é incorporada como o último componente na parede, interpenetrando as fibrilas e assim fortalecendo, enrijecendo as paredes celulares (KLOCK; ANDRADE, 2013).

A celulose, de acordo com Fengel e Wegener (1989), é um homopolissacarídeo linear constituído unicamente por moléculas de glucose unidas entre si através de ligações glicosídicas. A celulose é o componente dominante na constituição da madeira, sendo este, o principal componente da parede celular dos vegetais, preenchendo aproximadamente a metade das madeiras tanto de coníferas, como de folhosas (KLOCK; ANDRADE, 2013).

Já a hemicelulose são células que formam grupos distintos de polissacarídeos constituídos por açúcares pentoses (xilose e arabinose) e/ou hexoses (glucose, manose e galactose), ácidos urônicos e grupos acetila (FENGEL; WEGENER, 1989), possuindo uma estreita relação com a celulose.

As variações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira são grandes entre espécies, ocorrendo também dentro da mesma espécie, em função, principalmente, da idade, fatores genéticos e ambientais, podendo haver variações significativas em relação à altura do tronco e na direção da medula até a casca (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996).

Assim, como exposto por Mello (2007), a determinação das propriedades da madeira é de grande importância, já que estas influenciam significativamente no desempenho e resistência da madeira com uso estrutural, além de proporcionar o conhecimento de novas espécies e aplicabilidades daquelas já introduzidas no setor industrial madeireiro, visando contribuir para um aumento no volume de matéria prima e valorização no mercado. Já para Vidal et al. (2015), o desconhecimento dos atributos e características da madeira inviabiliza a sua correta utilização, tornando necessária a avaliação de determinadas propriedades, adequando-as às madeiras em condições de uso.

3.2.1. Propriedades Químicas da Madeira

3.2.1.1. Teor de cinza

Segundo Brown et al. (1952), define que cinzas são os resíduos que sobram após a combustão completa da madeira, sendo que estes resíduos incluem os minerais da parede celular e qualquer outro material mineral presente nos cristais da cavidade celular. De acordo com Klock e Andrade (2013), a parte inorgânica da madeira é sumariamente obtida como cinzas, por meio de incineração do material orgânico a 600~850°C, sendo seus principais componentes o K, Ca e Mg.

A porcentagem obtida nos testes de teor de cinzas, estão entre 0,2 a 0,5% no caso de madeiras de zonas temperadas, mas frequentemente valores mais altos podem ser encontrados em madeiras tropicais (KLOCK; ANDRADE, 2013). Pereira et al. (2000) mostra uma variação de 0,5% a mais de 5% dependendo da espécie, da quantidade de casca e da presença de terra e areia na madeira.

3.2.1.2. Teor de extrativos e pH

Os extrativos constituem o material orgânico da madeira, que embora apresente grande gama de compostos químicos, representam apenas uma pequena parte da madeira (KLOCK; ANDRADE, 2013).

Contudo, os extrativos de uma amostra de madeira podem ser isolados com o propósito de um exame detalhado da estrutura e composição de um ou mais dos seus componentes. Tal isolamento dos extrativos é realizado por extração com solventes neutros e/ou misturas destes, em sucessão. (KLOCK; ANDRADE, 2013).

Morais et al. (2005) citam que os extrativos, considerados constituintes secundários, não fazem parte da estrutura da parede celular, e que são solúveis em água ou em solventes orgânicos neutros, presentes principalmente na casca. Para Pereira et al (2000), os extrativos são compostos químicos acidentais, dentre os mais importantes estão os terpenos, as resinas, os óleos voláteis, ácidos graxos, as ceras e os taninos.

Além disso, os extrativos também podem sofrer influências pela alteração do pH da madeira, onde esta variação pode vir a influenciar principalmente àqueles produtos fabricados com a utilização de adesivos, afetando diretamente a cura e a solidificação de destes (REMADE, 2007).

3.2.1.3. Poder calorífico

De acordo com Jara (1989), o poder calorífico é definido como a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa da madeira; sendo este, inversamente proporcional à umidade da madeira (LIMA, 2010), ou seja, quanto maior o teor de umidade da madeira, menor será a energia no momento da queima (LIMA; ABDALA; WENZEL, 2008). No Sistema Internacional, os valores do poder calorífico são expressos em joules por grama ou quilojoules por quilo, mas pode ser expresso em calorias por grama ou quilocalorias por quilograma, segundo Briane & Doat (1985 apud QUIRINO et al., 2004).

O poder calorífico divide-se em dois, sendo estes: superior e inferior (QUIRINO et al., 2004). Para Lima (2010), o Poder calorífico superior (PCS) é a quantidade de calor liberado pela queima (combustão), de modo que a água proveniente desta queima esteja em estado líquido (volume constante); já o Poder calorífico inferior (PCI), refere-se à quantidade de calor liberado pela queima, de modo que a água proveniente da queima esteja em estado gasoso (volume variável). No entanto, afirma Brito (1993, apud MOREIRA; LIMA; GOULART, 2012) que, na prática, o PCI deve ser preferido, mas o método comumente utilizado para obtenção do poder calorífico da madeira é o PCS.

3.2.2. Propriedades físicas da madeira

3.2.2.1. Densidade (massa específica)

Quando se pretende avaliar a qualidade da madeira, a densidade é uma das principais características a serem consideradas, uma vez que está relacionada com alguns aspectos tecnológicos e econômicos muito importantes. Citam-se, como exemplos, a contração e o inchamento, a resistência mecânica das peças, o rendimento e a qualidade da polpa celulósica, a produção e a qualidade do carvão vegetal e os custos operacionais ligados ao transporte e armazenamento (PEREIRA et al., 2000).

Para Mello (2007) a densidade é definida como a quantidade de massa contida na unidade de volume, ou a relação entre peso e volume de uma amostra, sendo também chamada de peso específico. Segundo Iwakiri (1982), a densidade da madeira dá uma medida real da quantidade do material lenhoso

presente num determinado volume, onde esse peso específico é demonstrado pela relação da massa por unidade de volume, expressos em g/cm^3 ou kg/m^3 .

Segundo Calonego (2009) a densidade da madeira caracteriza-se por apresentar uma variabilidade entre as espécies, entre os indivíduos de uma mesma espécie e ao longo do mesmo fuste. Além disso, A relação entre o peso específico e as diversas propriedades de resistência em madeira verde e seca, demonstram que tais propriedades aumentam, com o aumento no peso específico, sendo que, essa relação é mais acentuada para madeiras, secas do que para as verdes (Iwakiri, 1982).

Comumente, de acordo com Haygreen e Bowyer (1996) são utilizados três tipos de massa específica para caracterizar fisicamente a madeira, sendo estas:

- a) Massa específica básica - relação entre a massa seca da madeira e o seu volume saturado,
- b) Massa específica aparente a 0% de umidade - relação entre a massa e o volume da madeira seca, e
- c) Massa específica aparente a 12% de umidade - relação entre a massa e o volume da madeira a 12% de umidade.

3.2.2.2. Estabilidade dimensional (retratibilidade)

A estabilidade dimensional é uma característica bastante peculiar da madeira, e apesar da sua grande importância para usos como mobiliário, esquadrias, pisos, forros e peças de acabamento, é muitas vezes ignorada, com consequências negativas para a qualidade dos produtos (MELLO, 2007).

A retratibilidade é o fenômeno de variação nas dimensões e no volume em função da perda ou ganho de umidade, provocando contração em uma peça de madeira (MADY, 2000). Essa contração, causada a partir deste fenômeno da retratibilidade, acontece por meio da diminuição da espessura das paredes celulares causado pela retirada de água da madeira (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Segundo Mello (2007), a estabilidade dimensional é resultado das variações do teor de umidade abaixo do PSF – Ponto de Saturação das Fibras, que produzem variações dimensionais na madeira, pois esta só é dimensionalmente estável quando seu teor de umidade está acima do PSF.

4. Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida em sete fases distintas: 1) apresentação do projeto para os dirigentes da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda; 2) diagnósticos das toras que possuíam presença de oco no pátio da empresa (registrando nome comercial, medidas de altura e largura da ocosidade); 3) Quantificação e avaliação das espécies com presença de oco no banco de dados da empresa; 4) cubagem e desdobro das toras selecionadas para execução da pesquisa; 5) caracterização anatômica, física e química da madeira das toras selecionadas; 6) projetos e confecção do produtos e 7) Análises dos resultados.

4.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado com a utilização de dados e informações concedidas pela empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda., conhecida como *Precious Woods Amazon* – PWA, vinculada ao grupo suíço Precious Wood, situada no município de Itacoatiara, sendo a sua sede localizada a 3°04' ao Sul e 58°57' a Oeste. Esta empresa é uma das pioneiras nas atividades de Manejo Florestal, que acontecem desde em 1994, com certificação, desde 1997, pelo Conselho de Manejo Florestal - FSC (*Forest Stewardship Counsel*), órgão responsável pela emissão do selo verde (CABETE; CABETE; DACOL, 2009).

A PWA busca aliar tecnologia ao desenvolvimento sustentável explorando a madeira através de Planos de Manejo Florestal de baixo impacto, e processando-a na própria indústria da empresa, sendo comercializada no Brasil e no exterior nas formas serrada, semiacabada ou mesmo transformada em produto acabado (CABETE; CABETE; DACOL, 2009).

De acordo com dados do Forest Stewardship Council (2007), citado por Catunda (2017), entre os produtos gerados pela PWA estão: a madeira serrada seca em estufa, toras para poste pré-cortados, madeira serrada plainada e pré-processada, peças e componentes para indústria de móveis, assoalhos e artefatos de madeira e casas pré-fabricadas.

Os resíduos são utilizados como combustível para geração de energia elétrica pela *Precious Woods Energia*, empresa do mesmo grupo, que é responsável pelo seu próprio abastecimento e ainda por 70% da energia gerada para a população do município de Itacoatiara, que é de 85 mil habitantes (CABETE; CABETE; DACOL, 2009).

O estudo deu continuidade no Laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira do Instituto Nacional de Pesquisas do Amazonas – LEAM/INPA, onde foram realizados todos os testes e processos fundamentais à condução da pesquisa.

4.2. Diagnóstico de toras ocas

Para a realização do diagnóstico de ocorrência das madeiras de toras ocas para a região amazônica, foram feitos dois tipos de levantamento, um no pátio de toras da serraria e outro, feito a partir da análise dos dados coletados em uma área de efetivo manejo florestal.

O primeiro levantamento visou realizar um diagnóstico prévio da existência de toras ocas no pátio da serraria da empresa Mil madeiras Preciosas Ltda, no sentido de registrar tipos (formato) de oco e suas dimensões, além de identificar as espécies arbóreas que apresentavam ocosidade. O procedimento utilizado consistiu na observação das toras ocas dispostas no pátio da serraria (Figura 2).



Figura 2. Levantamento de toras ocas no pátio da serraria da empresa. **Fonte:** Próprio Autor.

Ao identificar estas toras, foram realizados registros fotográficos evidenciando a ocosidade presente em cada tora, afim de demonstrar a intensidade de degradação e os diversos tipos e formas no qual o oco surge na árvore. Em seguida, foram anotadas as identificações encontradas nas toras de madeira das espécies comerciais (Figura 3), usada pela empresa.

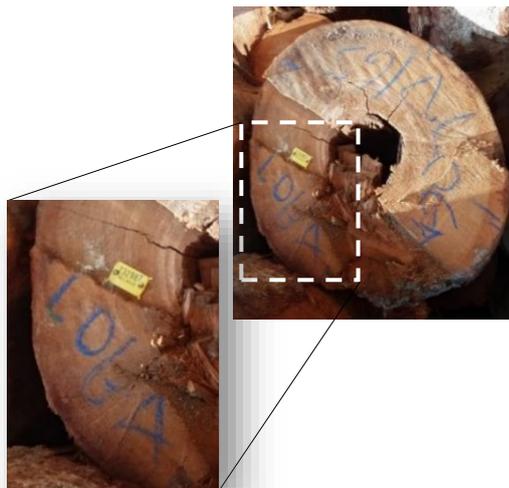


Figura 3. Imagem das identificações encontradas na tora oca de madeira, onde a plaqueta amarela contém o número de rastreio da tora, e as siglas, com quatro letras escritas na própria madeira, refere-se ao nome da espécie florestal. **Fonte:** Próprio Autor.

Para as medidas do diâmetro, buscou-se mensurar o maior comprimento do oco, seguido do comprimento perpendicular a este (Figura 4), determinando a média do diâmetro do oco. Não foi possível determinar os volumes do oco e o da tora, já que estas estavam em difícil acesso às mensurações necessárias (comprimento e diâmetros das duas extremidades da tora).



Figura 4. Medição dos diâmetros do oco das toras de madeira, no pátio da serraria. **Fonte:** Próprio Autor.

O outro levantamento foi realizado a partir de uma análise de dados disponibilizadas pela empresa, referente à exploração de 2 Unidades de Produção Anual – UPAs, na área de Manejo Florestal da mesma empresa do diagnóstico anterior. Neste, foi possível obter informações como: espécies com

maior frequência de ocosidade, sua distribuição na área estudada e, volume de madeira estimado e quantidade de indivíduos por área.

A frequência da ocorrência de árvores com presença de oco foi realizada de acordo com a Equação 1.

$$f_{oca} = \frac{AO}{n} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

f_{oca} = frequência da ocorrência de árvores com presença de oco (%);

AO= quantidade de árvores ocas registradas durante a operação de corte;

n= quantidade total de árvores exploradas.

4.3. Obtenção da matéria prima

A matéria prima utilizada nesta pesquisa foi concedida pela empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda., por meio de seleção ao acaso de duas toras oca da mesma espécie, conforme a sua disponibilidade no pátio e concessão da empresa para a contribuição deste projeto. As toras selecionadas foram registradas pelo nome comercial da madeira, sendo denominada de Muiracatiara, conforme especificado pela empresa.

4.4. Volumetria, Desdobro e rendimento de toras ocas

Após a obtenção da matéria prima, as duas toras ocas (Figura 5) foram transportadas ao laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira – LEAM da Coordenação de Tecnologia e Inovação – COTEI do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, permitindo que os estudos propostos neste trabalho fossem realizados.



Figura 5. Matéria prima utilizada na pesquisa. **Fonte:** Próprio Autor.

4.4.1. Cubagem e volume real das toras

Para a determinação do volume real da tora oca, foi necessário realizar a cubagem pelo método de Smalian, mensurando a estimativa do volume de

madeira da tora com casca e do seu oco. Este método foi escolhido já que, o comprimento do oco segue o mesmo comprimento da tora, tornando-se assim, possível a verificação real do volume da tora oca.

Para a determinação do volume da tora com casca, sem descontar o oco, foram coletadas duas medidas de diâmetro, uma perpendicular a outra, com o auxílio da fita métrica (D_1 e D_2), para o alcance do valor médio do diâmetro da tora (Figura 2-a), nesta etapa foi mensurado o comprimento da tora, para que estes fossem utilizados no cálculo de volume, de acordo com o especificado na Equação 2.

$$V_t = \frac{\left(\frac{\pi * D_1^2}{40000}\right) + \left(\frac{\pi * D_2^2}{40000}\right) * L}{2} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

V_t = volume da tora com casca (m^3);

D_1 = diâmetro da seção 1;

D_2 = diâmetro da seção 2;

L = comprimento da seção;

O volume do oco de cada tora, também foi realizado pelo método de Smalian, de acordo com Equação 3, mensurando o comprimento do oco na tora e duas medidas de diâmetro, uma perpendicular a outra, para se obter o diâmetro médio, para cada extremidade da tora (Figura 6).

$$V_o = \frac{\left(\frac{\pi * D_i^2}{40000}\right) + \left(\frac{\pi * D_f^2}{40000}\right) * L}{2} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

V_o = volume do oco (m^3);

D_f = diâmetro médio do oco da ponta fina da tora (cm);

D_i = diâmetro médio do oco da ponta grossa da tora (cm);

L = Comprimento do oco (m);

Após a realização dos dois métodos de obtenção da volumetria (Figura 7), tanto para a tora com casca sem descontar o oco, quanto para o oco, o cálculo do volume real da tora oca foi realizado pela diferença entre seus volumes. Este procedimento foi realizado para as duas toras de madeira.

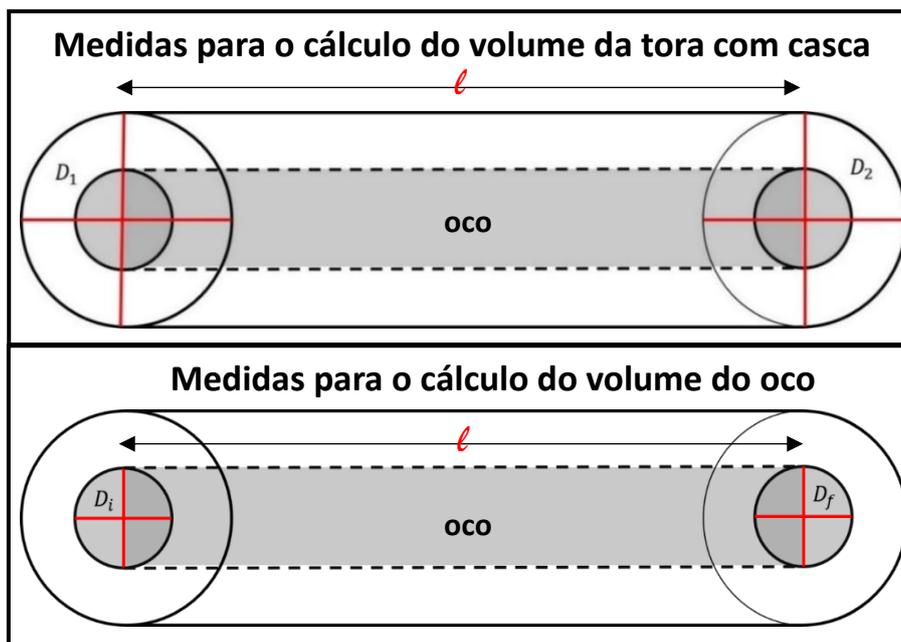


Figura 6. Esquema para obtenção das medidas para o cálculo de volumetria da tora com casca e do oco da tora. **Fonte:** Próprio Autor.



Figura 7. Obtenção das medidas para o cálculo de volume para as duas toras ocas. **Fonte:** Próprio Autor.

Em seguida, a tora de madeira foi direcionada para dar início ao desdobro. No entanto, foi necessário a retirada de um disco de madeira com 10 cm de espessura para a caracterização anatômica, química e física da madeira. Este disco, não foi quantificado nos cálculos posteriores, como por exemplo, o de rendimento da tora.

4.4.2. Processamento mecânico

Atualmente, o método de desdobro por meio de corte tangencial aos raios da madeira é o mais utilizado em serraria, e consiste em cortes longitudinais paralelos, dividindo a tora em várias peças de faces paralelas. No entanto, o

o corte radial proporciona ganhos em qualidade e em estética, já que peças radiais são mais estáveis durante a secagem, possuindo maior contração em espessura e além desta ser utilizada para fins decorativos, agregando valor a matéria prima (Rocha, 2002).

Antes de iniciar o corte das toras de madeira, foi necessário retirar a casca, para facilitar o procedimento do desdobro. Em seguida, foi retirado um disco de madeira para os demais estudos em laboratório, como especificado anteriormente (Figura 8), e feita a demarcação das peças para o corte.

Neste estudo, as toras foram desdobradas de acordo com o design do oco da tora. O corte no sentido tangencial aos raios da madeira foi o preferível, já que o equipamento utilizado, a motosserra, não é o mais adequado para o desdobramento de toras (Figura 8).



Figura 8. Retirada do disco de madeira utilizado na caracterização da madeira e desdobramento das toras de madeira utilizando a motosserra. **Fonte:** Próprio Autor.

No entanto, também foram feitos cortes no sentido radial, obtendo peças de alta qualidade, em relação as características intrínsecas da madeira. Assim, foram retiradas peças no sentido tangencial e radial, configurando o sistema de desdobro misto, como é demonstrado na Figura 9.

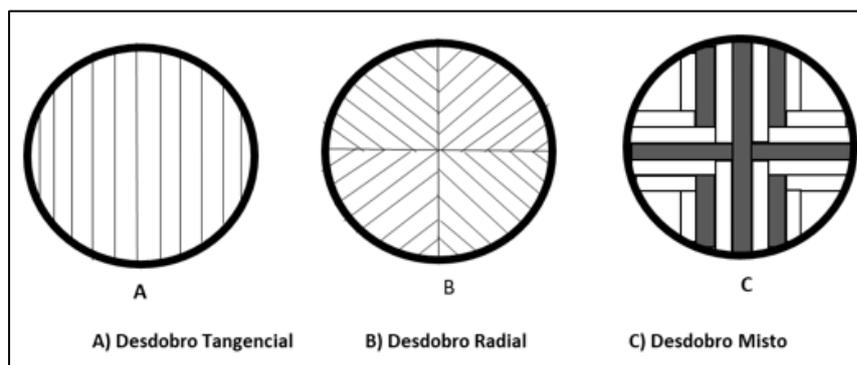


Figura 9. Tipos de sistema de desdobro da madeira. **Fonte:** Próprio Autor.

De forma geral, os cortes objetivaram atender todas as medidas pré-definidas das peças, de acordo com a nomenclatura da ABNT (1982) para a aquisição de maior rendimento da madeira (Tabela 1).

Tabela 1. Nomenclatura de peças de madeira serrada.

Nome da peça	Espessura (cm)	Largura (cm)
Pranchões	> 7,0	> 20,0
Prancha	4,0 – 7,0	> 20,0
Viga	> 4,0	11,0 – 20,0
Vigota	4,0 – 8,0	8,0 – 11,0
Caibro	4,0 – 8,0	5,0 – 8,0
Tábua	1,0 – 4,0	> 10,0
Sarrafo	2,0 – 4,0	2,0 – 10,0
Rifa	< 2,0	< 10,0

Fonte: NBR 7203/1982.

As peças foram empilhadas para secar em ar livre em um local com baixa luminosidade até que fossem destinadas a um determinado seguimento de confecção dos produtos. Algumas destas peças, possuíam alto grau de deterioração, sem formato pré-estabelecido, ocasionado por conta da sua proximidade com o local de ocosidade da tora.

4.4.3. Coeficiente de Rendimento Volumétrico – CRV

O Coeficiente de Rendimento Volumétrico – (CRV) permite a obtenção da quantidade em m³ de madeira que é aproveitada após sua conversão de tora e tореte para madeira serrada.

Para calcular este coeficiente, foram utilizados o volume real da tora e o volume em madeira serrada. O volume real da tora consiste no volume antes do processo de desdobramento da madeira. Já o volume de madeira serrada consiste no volume das peças obtidas após o desdobro.

Nesta pesquisa, para mensurar o volume de madeira serrada, as peças foram agrupadas de duas formas. O primeiro grupo refere-se às peças, com dimensões pré-definidas (Tabela 01), utilizadas na confecção dos produtos. O outro grupo foi constituído pelas peças de madeira mais deterioradas, retiradas próximas a ocosidade da tora. Para o cálculo de volume destas peças, foi necessário obter as medidas de comprimento, largura e espessura, de acordo com a Equação 4.

$$V (m^3) = c * l * e \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

V = Volume da peça (m^3);

c = Comprimento (m);

l = Largura (m);

e = Espessura (m)

A partir disto, foi possível determinar o coeficiente de rendimento volumétrico da tora, pela razão entre o volume de madeira serrada e o volume real da tora, dado pela Equação 5.

$$R(\%) = \frac{V_{ms}}{V_t} * 100 \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$R (\%)$ = rendimento percentual;

V_{ms} = Volume em madeira serrada (m^3);

V_t = Volume real da tora (m^3).

4.4.4. Secagem das peças de madeira

As peças de madeira foram empilhadas, separadas por separadores e reservadas em local de baixa luminosidade, livre de corrente de ar. A secagem das peças foi pelo método de secagem ao ar livre, possibilitando uma boa trabalhabilidade das peças no momento da confecção dos produtos.

4.5. Caracterização da madeira selecionada

As amostras para realizar a identificação e as análises físicas da madeira foram confeccionadas a partir do disco de madeira (retirado antes do início do desdobro da tora) no Laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira LEAM/INPA (Figura 10) e dimensionadas conforme as recomendações estabelecidas para cada tipo de análise, detalhado nos tópicos seguintes.



Figura 10. Disco de madeira com 10 centímetros de espessura, para identificação e caracterização anatômica, além de obtenção de propriedades químicas e físicas da madeira.

Fonte: Próprio Autor.

4.5.1. Identificação e caracterização da espécie

A identificação das toras de madeira foi realizada tanto com a descrição fornecida pela empresa doadora, quanto pela caracterização de suas estruturas anatômicas, por meio de amostras analisadas no Laboratório de Anatomia da Madeira – LAM do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, obedecendo às recomendações das normas da Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas – COPANT (1973) e COPANT (1974), havendo adaptações em alguns procedimentos pelo laboratório de anatomia, sob coordenação do Tecnologista Jorge Alves de Freitas.

A identificação da espécie foi realizada a partir de uma amostra completa, usualmente denominada de cunha (Figura 11). A identificação da madeira consistiu na experiência e conhecimento do tecnologista para a confirmação da espécie de madeira em estudo, utilizando a lupa de mão com 10x de aumento para a distinção das estruturas anatômicas determinantes.



Figura 11. Amostra completa para a caracterização anatômica, química e física da madeira.

Fonte: Próprio Autor.

Na amostra completa foi demarcado e dimensionado para a obtenção de corpo de prova 2 cm x 2 cm x 3 cm, devidamente orientado nos sentidos tangencial, radial e transversal, para que fosse possível realizar o estudo macroscópico das três superfícies da madeira. Para a caracterização macroscópica, as três seções do corpo de prova foram desbastadas, utilizando o micrótomo com 18 micrômetro (μm), com navalha inclinada a 45°, para tornar o corpo de prova o mais plano possível (Figura 12). Posteriormente, as estruturas anatômicas foram visualizadas utilizando o estereoscópio, com ocular e objetiva de 10x de aumento, equipado com câmera digital transmitindo imagens para o computador com software Pixel Pro, permitindo melhor caracterização das estruturas visualizadas.

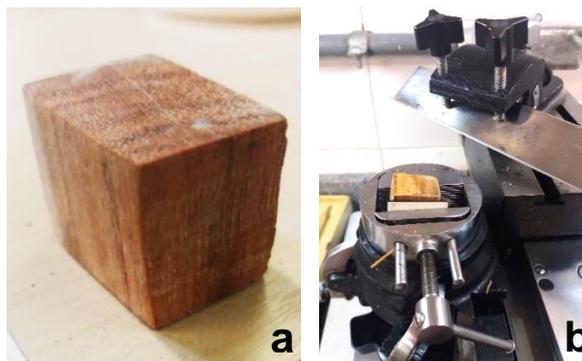


Figura 12. **a.** Amostra de madeira, devidamente orientada às células de raio, para obtenção das características anatômicas da madeira. **b.** Micrótomo utilizado para desbastar a amostra de madeira, evidenciando características anatômicas da espécie em estudo. **Fonte:** Próprio Autor.

4.5.2. Propriedades Químicas

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química da Madeira, no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, contemplando cinco tipos de análises para as amostras em estudo, sendo estas: o teor de umidade, o teor de cinzas e de extrativos, o poder calorífico e o pH da madeira.

Para a realização de todas as análises químicas foram utilizadas a serragem e pequenas partes de madeira (como cavacos e maravalhas), coletados no final do desdobro das toras de madeira. Este material foi colocado no moinho, para que suas partículas fossem diminuídas até se transformar em pó de serra (Figura 13). Com isto, a serragem foi utilizada nas análises conforme as normas e recomendações no laboratório.



Figura 13. Partículas de madeiras obtidas após o desdobro das toras de madeira, colocadas no moinho para que fossem transformadas em serragem. **Fonte:** Próprio Autor.

4.5.2.1. Teor de Umidade

Para a determinação do Teor de Umidade da madeira em estudo, foi utilizado uma amostra contendo 1 grama de serragem, colocada em estufa a

100° C e pesado por um determinado intervalo de tempo, até o alcance do peso seco constante. Após isto, o valor do Teor de Umidade foi obtido de acordo com a Equação 6 abaixo.

$$TU (\%) = \frac{(PU-PS)}{PS} \times 100 \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

TU = Teor de Umidade;

PU = Peso Úmido;

PS = Peso Seco;

4.5.2.2. Teor de Cinza

O teor de cinza foi determinado de acordo com as recomendações propostas na norma ASTM D1102/2013, consistindo na transferência de 1 grama de serragem no cadinho de porcelana à estufa, com temperatura de +/- 105° C, até alcançar o peso constante em balança analítica.

Após atingir o peso seco constante, o material foi levado à mufla, com a temperatura gradativamente controlada em um intervalo de 100° C, até alcançar uma temperatura ideal de 600° C. Assim, depois de alcançar a temperatura desejada, o material ficou na mufla por mais 10 minutos, em seguida foi levado ao dessecador e pesado (Figura 14). Este processo foi repetido até que o peso constante fosse alcançado, para que assim, por meio da Equação 7, seja determinado o Teor de Cinza para madeira em estudo.



Figura 14. a. Cadinhos de porcelana postas na mufla à 600 °C. b. Pesagem da amostra até a obtenção do peso seco. c. Visualização da amostra após a total carbonização, em estado de cinza. **Fonte:** Próprio Autor.

$$TC (\%) = \frac{(P_{cinza}-P_{cad})}{(P_{am}+P_{cad})} \times 100 \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

TC = Teor de Cinzas;

P_{cinza} = Peso da Cinza;

P_{cad} = Peso do cadinho;

P_{am} = Peso da amostra seca.

4.5.2.3. Teor de Extrativos

O teor de extrativos foi determinado de acordo com a norma ASTM D1105/2013 e ASTM D1107/2013 com adaptações nos procedimentos adotados em laboratório. Foi preparado uma solução de Etanol – Hexano (1:2), onde desta, foram colocados 180 mL de solução em um balão de fundo chato (300 mL), adaptando este ao extrator Soxhlet (Figura 15).

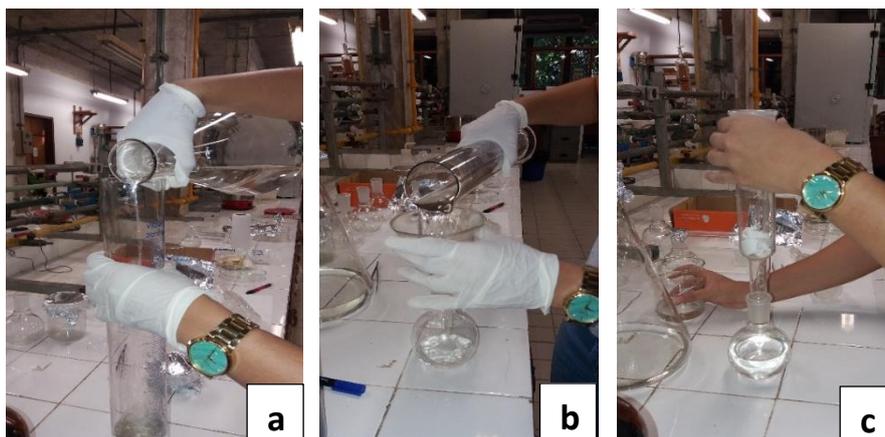


Figura 15. **a.** Preparação da solução Etanol – Hexano (1:2). **b.** Solução colocada no balão de fundo chato. **c.** Adaptação do extrator soxhlet no balão de fundo chato. **Fonte:** Próprio Autor.

Para a análise, foram utilizados 3 gramas de serragem em um filtro de papel, devidamente pesadas. Estas amostras foram colocadas no extrator Soxhlet, e transferidas à capela, para que fosse iniciado o processo de refluxo de extração das amostras (Figura 16).

Após encerrar o refluxo completo da extração, os extratos conservados nos balões foram levados para secar na estufa, e pesados até alcançar peso constante (Figura 17).

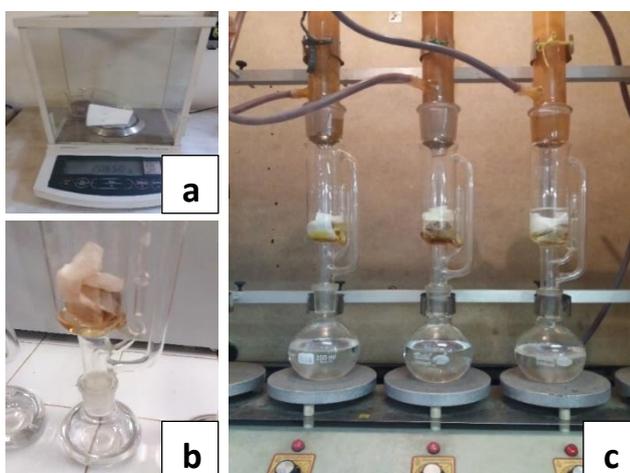


Figura 16. **a.** Amostras contendo três gramas de serragem foram colocadas em filtro de papel e pesadas em balança analítica. **b.** Amostra colocada no extrator Soxhlet. **c.** Demonstração de como foi realizado o processo de refluxo de extração das amostras. **Fonte:** Próprio Autor.

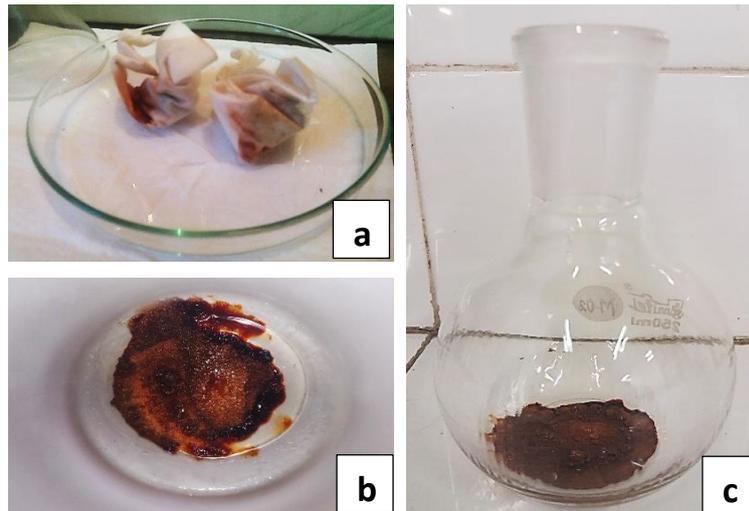


Figura 17. **a.** Amostras retiradas do extrator Soxhlet após a extração completa. **b.** Visualização do conteúdo extraído da amostra, por dentro do balão de fundo chato. **c.** Balão de fundo chato com o conteúdo extraído, levado para secar em estufa para obtenção do teor de extrativos da espécie em estudo. **Fonte:** Próprio Autor.

O mesmo procedimento utilizado na extração com a solução Etanol – Hexano, foi realizado para a extração em etanol, utilizando as mesmas amostras. Com isso, foi possível determinar o Teor de Extrativos pela Equação 8.

$$TE (\%) = \frac{(Pf - Pi)}{Ps} \times 100 \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

TE = Teor de Extrativos

Pi = Peso do balão seco inicial;

Pf = Peso do balão com extrativos;

Ps = Peso da amostra seca sem umidade

4.5.2.4. Poder Calorífico

Para avaliação do poder calorífico, de acordo com a norma ABNT/NBR 8633/84, foram utilizadas 0,5 gramas de amostras de pó de serra da madeira em estudo. Estas amostras foram colocadas em um cadinho em contato com um pavio para que fosse possível ocorrer o processo de combustão. Após colocar a amostra na bomba calorimétrica, esta foi carregada com oxigênio, colocada em um balde oval encoberta por água e encaixada no casaco (local da máquina que comporta todo o processo para a obtenção do poder calorífico), como mostrado na Figura 18.

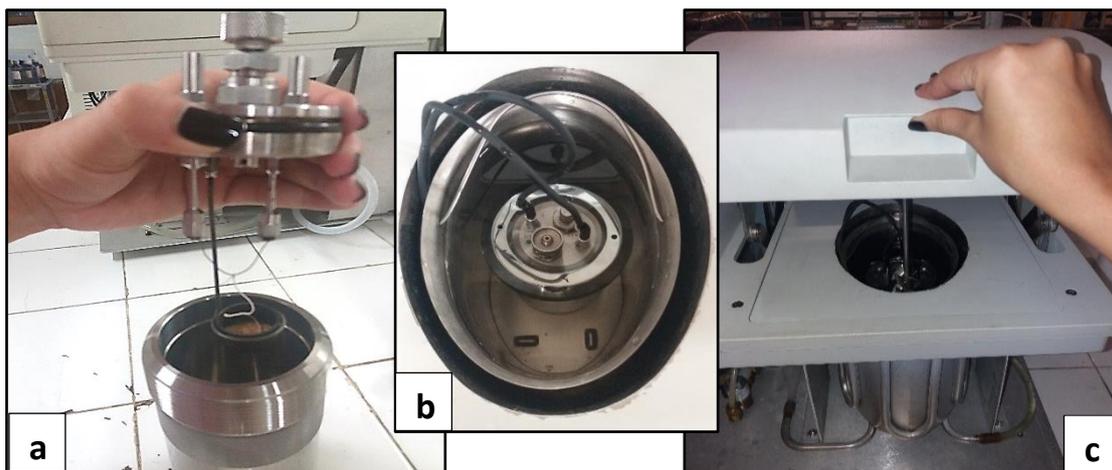


Figura 18. a. Demonstração do cadinho com a amostra de serragem em contato com o pavio, sendo colocada na bomba calorimétrica. b. Bomba calorimétrica no balde oval encoberto por água. c. Fechamento do casaco para realizar a combustão (processo necessário para obtenção do poder calorífico). **Fonte:** Próprio Autor.

Assim, ao final do processo, a serragem é carbonizada e o calorímetro de modelo 6100 (Figura 19) imprime os resultados, com a determinação do poder calorífico em *Joules*, para amostra da madeira em estudo.

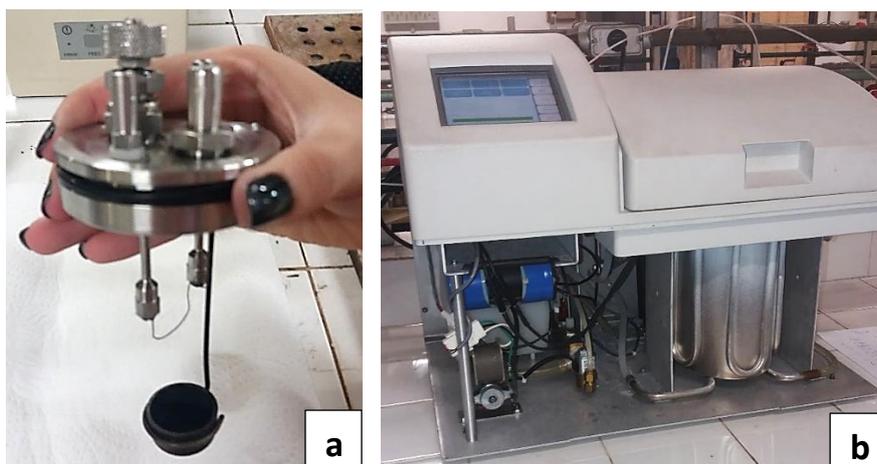


Figura 19. a. Demonstração da amostra após o processo de combustão. b. Máquina utilizada para obtenção do poder calorífico da madeira. **Fonte:** Próprio Autor.

4.5.2.5. pH da madeira

Para a determinação do pH da madeira (norma TAPPI – T 252 om/2016), foram utilizados 2 gramas de serragem, sendo feita uma extração com água destilada na amostra (100ml) em banho-maria a 100° C por 1 hora. Ao finalizar o processo de extração, o material foi reservado até alcançar a temperatura ambiente. Em seguida, com um filtro de papel, o material extraído foi transferido para um béquer, sofrendo uma nova extração, onde este extrato obtido

correspondeu a incorporação da primeira alíquota, juntamente com a determinação do pH (Figura 20).

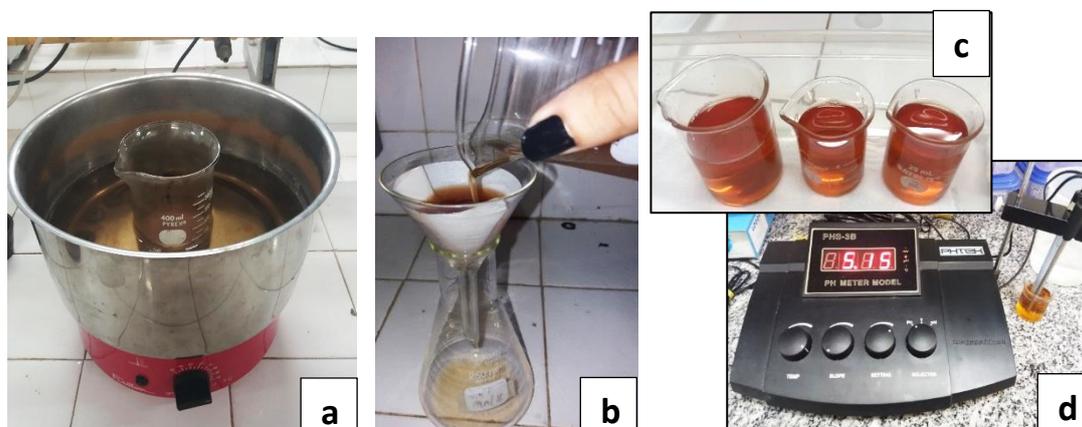


Figura 20. **a.** amostras de serragem postas em banho maria realizando o primeiro processo de extração. **b.** com a utilização de um filtro de papel, foi realizado uma nova extração da amostra. **c.** Extração completa das amostras. **d.** Determinação do pH da madeira em estudo. **Fonte:** Próprio Autor.

4.5.3. Propriedades Físicas da Madeira

Para determinar as propriedades físicas da madeira em estudo, tais como a densidade básica, estabilidade dimensional e coeficiente anisotrópico, de acordo com as normas NBR 7190 (ABNT, 1997) e COPANT (1972b), foram utilizadas 29 amostras retiradas do disco de madeira, anteriormente citado. Dentre estas amostras, foi possível diferenciá-las quanto às suas camadas de cerne e alburno. Assim, das 29 amostras totais submetidas às análises físicas, 24 amostras foram do cerne da madeira e 5 amostras do alburno. As amostras tiveram dimensões igual a 2 cm x 2 cm x 3 cm, onde cada uma recebeu identificações em algarismos romanos e em sua superfície radial, facilitando assim, no momento de realizar as análises.



Figura 21. **a.** Amostras de madeira, com dimensões específicas superfície radial devidamente identificada, para serem determinadas algumas propriedades físicas da madeira. **b.** Todas as amostras devidamente identificadas por numeração. **Fonte:** Próprio Autor.

4.5.3.1. Densidade Básica

Para determinar a densidade básica da madeira, as 29 amostras foram imersas em água por 20 dias em um Becker. Após a completa saturação, o volume foi obtido com o auxílio de uma balança digital com precisão de 0,01g e um becker com água, pelo método de imersão em água (Figura 22).



Figura 22. Determinação do volume da madeira pelo método de imersão. **Fonte:** Próprio Autor.

Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa em temperatura média igual a $103 \pm 2^\circ \text{C}$, até atingirem peso seco constante. Desta forma, a densidade básica foi obtida pela razão do peso seco e do volume saturado, de acordo com a Equação 9.

$$Db = \frac{Psec}{Vsat} \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

Db = densidade básica (g/cm^3);

$Psec$ = peso seco (g);

$Vsat$ = volume saturado (cm^3).

4.5.3.2. Estabilidade dimensional

A madeira também é caracterizada pelas propriedades de retração e inchamento, podendo suas direções axial, radial e tangencial sofrerem algumas variações dimensionais. Tais variações podem ser determinadas a partir da estabilidade dimensional da madeira. Desta forma, a estabilidade dimensional tem a característica de definir a contração de uma peça de madeira, por meio da quantidade de água que esta apresenta.

Assim, para a determinação da estabilidade dimensional da madeira em estudo, foram utilizadas as mesmas amostras da densidade básica, que com o

auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, mensuramos em três regiões distintas de uma mesma amostra as faces em direção radial e tangencial, em condições saturada e seca em estufa (Figura 23).



Figura 23. Aferição das dimensões da amostra de madeira para as superfícies radiais e tangenciais. **Fonte:** Próprio Autor.

Após esta etapa, os valores encontrados durante a análise comporão as Equação 10 e 11 para determinação da estabilidade dimensional (retratibilidade) da superfície tangencial e radial da madeira.

$$Rt = \frac{Dt_{sat} - Dt_{sec}}{Dt_{sat}} * 100 \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

Rt= retratibilidade tangencial (%);

Dtsat= dimensão na direção tangencial, na condição saturada (mm);

Dtsec= dimensão na direção tangencial, na condição seca (mm).

$$Rr = \frac{Dr_{sat} - Dr_{sec}}{Dr_{sat}} * 100 \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

Rr= retratibilidade radial (%);

Drsat= dimensão na direção radial, na condição saturada (mm);

Drsec= dimensão na direção radial, na condição seca (mm).

4.5.3.3. Coeficiente de Anisotropia

Outro parâmetro importante determinado foi o coeficiente anisotrópico da madeira, que é a razão entre os movimentos lineares tangencial e radial. De acordo com Mello (2007), este coeficiente anisotrópico está intimamente ligado a estabilidade dimensional, sendo que quanto mais baixo é o coeficiente de anisotropia (mais próximo de um), melhor é a madeira em termos de estabilidade dimensional.

$$CA = \frac{Rt}{Rr} \quad \text{Equação 12}$$

Onde:

CA= coeficiente de anisotropia.
Rt= retratibilidade tangencial.
Rr= retratibilidade radial.

4.6. Identificação e agrupamento tecnológico da madeira

As peças de madeira obtidas após o processo de desdobro foram direcionadas à produção de produtos. No entanto, para que pudéssemos realizar o agrupamento tecnológico e a escolha dos produtos a serem desenvolvidos, foi feito um primeiro contato com alguns produtores de artefatos de madeira do Estado do Amazonas. Primeiramente, em conversa com estes produtores, foi realizada uma conscientização da utilização de resíduos florestais e a importância de gerar produtos advindos de madeiras amazônicas, seguido da apresentação da proposta deste projeto, com objetivo de os mesmos utilizarem esta matéria prima para confeccionar seus produtos.

Entre os seguimentos do projeto para confecção dos produtos, foram escolhidos aqueles que se fazem presente significativamente no mercado atual da região amazônica, como: móveis, luteria e artigos decorativos.

4.6.1. Especialistas e principais seguimentos de produção

Cada profissional foi escolhido conforme a sua especialidade de produção em produtos e artefatos de madeira, visando uma alta diversidade no resultado final da pesquisa. Assim, houve a contribuição dos seguintes profissionais: microempresário, *Luthier* e designer.

O microempresário é residente da cidade de Manacapuru e confecciona móveis e artigos decorativos. Atualmente, sua demanda é conforme a solicitação de pedidos feitos no próprio local de trabalho. Apesar de possuir uma produção certificada como pequeno empreendedor, o local de produção acontece de forma artesanal, possuindo máquinas rústicas e de pequeno porte (Figura 24). Para a escolha da confecção do produto deste projeto foi realizado um acompanhamento do trabalho na serraria, verificando os produtos já existente em estoque. Após esta etapa, foram selecionados, juntamente com o microempresário, os produtos que comporiam parte deste estudo, nos seguimentos de movelaria, artigos de decoração e utensílios.



Figura 24. a. Serra fita. b. Máquina de Tupia. c. Visualização da serraria de pequeno porte.
Fonte: Próprio Autor.

Na posse das peças de madeira, o marceneiro fez a seleção destas, retirando o necessário a ser empregado na confecção de cada produto, utilizando o maquinário disposto em sua serraria para alcançar as medidas planejadas para as peças de madeira.

Corroborando na confecção de produtos e artefatos de madeira, foram elaborados produtos voltados à luteria e design de móveis. A escolha do produto pelo Luthier, levou em consideração ao tipo de madeira que seria utilizada. Neste caso, sabendo que a empresa Mil Madeiras Preciosas trabalha somente com madeiras de média e alta densidade, o *Luthier* optou pela confecção de fundo e lateral de instrumento de corda. Já para o especialista em designer, foi proposta a realização de um planejamento livre com detalhes de peças originais, visando enaltecer tanto a complexidade de seu trabalho, como a valorização da madeira em estudo.

4.6.2. Desenvolvimentos dos produtos

Os produtos foram desenvolvidos de acordo com as especificações de cada especialista. Para isto, as peças já obtidas no Laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira do Instituto Nacional de Pesquisas do Amazonas –

LEAM/INPA foram separadas, de acordo com o seguimento de confecção dos produtos, sendo o volume estimado das peças especificado por cada especialista, conforme a necessidade de confecção para cada produto. Assim, todas as peças, antes de saírem do LEAM/INPA, foram mensuradas (largura, comprimento e espessura), para o controle de rendimento volumétrico da madeira e transportadas em caminhão baú para a serraria em Manacapuru.

Após a distribuição das peças, o desenvolvimento dos produtos foi de responsabilidade de cada produtor, realizado no seu comum local de trabalho. Foi possível acompanhar o desenvolvimento dos produtos, determinando a volumetria e o rendimento final de madeira para cada produto. Em seguida, foram descritas as atividades sobre o desenvolvimento de cada produto, no intuito de mostrar a viabilidade da utilização de madeira advindas de toras ocas. Ao término da produção, todos os produtos confeccionados foram disponibilizados ao projeto, para realização da amostra dos resultados desta pesquisa.

Todos os dados referentes às medidas das peças dos produtos foram devidamente organizados em tabelas, tornando essa análise necessária para a avaliação econômica do uso de madeiras de toras ocas. Concomitante a estas informações, foi realizado o grau de satisfação dos especialistas, onde estes puderam expor suas opiniões quanto a utilização da madeira de tora oca.

4.7. Análise da viabilidade econômica produtiva de madeiras ocas

A viabilidade econômica foi realizada por meio de comparativo entre duas metodologias para a utilização de madeiras ocas. A primeira correspondeu ao valor final agregado aos produtos de madeira realizados no projeto. A outra, foi a estimativa de valores para geração de energia, atividade atualmente realizada na empresa Mil Madeiras Preciosas.

4.7.1. Análise econômica do desdobramento das duas toras ocas

Para o levantamento de custos de desdobramento da madeira, foram obtidas as informações de custos gerados no processo de desdobro das duas toras ocas, como também, informações de custos e precificação que atualmente são estabelecidos pela empresa doadora das toras.

A precificação da madeira pela empresa foi disponibilizada em duas formas para que os resultados fossem melhor explanados. O primeiro refere-se

ao custo da exploração de um indivíduo arbóreo, levando em consideração o inventário florestal, a mão de obra, o arraste e o transporte da tora até ao pátio da serraria, sendo este valor estabelecido de acordo com o metro cúbico da madeira (R\$/m³). O outro valor é em relação ao preço que a empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda comercializa a madeira, diferenciando sobre a espécie florestal e o tipo de tratamento ao qual esta é submetida (madeira seca ou “verde”). Estas informações permitiram a realização das bases de custeio e comparações de valores, entre a viabilidade do projeto e a atual situação das toras ocas nas serrarias da região do estado do Amazonas.

Desta forma, foi realizado o custo de produção sobre o desdobro das duas toras ocas doadas ao projeto. Todos os valores referentes a volumetria das peças desdobradas, quanto os custos e despesas sobre o desdobramento das toras foram registrados em tabelas, para que posteriormente fossem inseridos nas Equações 13 e 14 (Custo de produção total e unitário).

$$CT = Mp + Mo + Da \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

CT = Custo total de produção (R\$);

Mp = Matéria prima (R\$);

Mo = Mão de obra (R\$)

Da = Despesas Administrativas (R\$)

$$Cpu = \frac{CT}{Vms} \quad \text{Equação 14}$$

Onde:

Cpu = Custo de produção unitário (R\$/m³);

CT = Custo produtivo total (R\$);

Vms = Volume de madeira serrada (m³).

4.7.2. Análise econômica dos produtos

A precificação dos produtos de madeira foi realizada a partir do cálculo descrito na Equação 15, onde este nos permitiu obter um valor de todos os custos e despesas para a sua elaboração. Salientamos ainda que a precificação obtida na Equação 15 não, necessariamente, corresponde ao preço real do produto final acabado, já que cada produto possui sua valorização conforme estabelecido pelo especialista que o confeccionou.

$$Precificação = (Vmp \cdot Cpu) + Mop + (Ap \cdot Qp) + Dap \quad \text{Equação 15}$$

Onde:

$Precificação$ = Estimativa do Valor do Produto sobre o custo (R\$);

Vmp = Volume de madeira do produto (m³);

Cpu = Custo de produção unitário (R\$/m³);

Mop = Mão de obra do produto (R\$);
 Ap = Acabamento do produto (R\$);
 Qp = Qualidade do produto (constante – Quadro 1);
 Da = Despesas Administrativas (R\$).

O Quadro 1 mostra as constantes que foram relacionadas ao acabamento final dos produtos e artefatos de madeira. Para isto, na Equação 15, além de especificar o custo de acabamento (Ap), também será atribuído a este o peso referente ao tipo de acabamento realizado.

Quadro 1. Especificação quanto a qualidade do produto em relação ao seu acabamento final.

Qualidade do produto	
Qualidade de acabamento	Peso agregado
Com acabamento simples	1
Com fino acabamento	2

4.7.3. Análise econômica da Geração de Energia

Como já citada anteriormente, a geração de energia é uma atividade comumente realizada pela empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda, utilizando resíduos da serraria provenientes do primeiro e do segundo desdobro de madeira. No entanto, existem alguns casos em que as madeiras de toras ocas possuem baixo ou praticamente nenhum rendimento volumétrico, dependendo do formato e volume do oco em relação à tora de madeira. Quando isto ocorre, a madeira caracteriza-se como resíduo, sendo destinada à geração de energia elétrica. Assim, foi estimado o valor de energia que as toras de madeira doadas ao projeto poderiam gerar, por meio das Equações 16 e 17.

De acordo com Araújo (2003), Brito et al. (1979) mostra que conhecendo a densidade básica, a umidade e o volume de madeira, é possível estimar a quantidade de energia da madeira e, por conversão, a quantidade de energia elétrica. Tal estimativa foi realizada utilizando o Poder Calorífico Inferior (PCi) da Equação 16 de Krog (1979), que associada ao volume total de madeira, a densidade básica e a umidade da madeira, foi possível calcular a energia potencial da madeira das toras ocas (Equação 17).

$$PC_i = 4590 - (51,9 \cdot U) \quad \text{Equação 16}$$

Onde:

PC_i = Poder Calorífico inferior da madeira (Kcal.Kg⁻¹);
 4590 e 51,9 = Constantes;
 U = Teor de Umidade (%).

$$E = Vm D_b(4590 - (51,9 \cdot U)) \quad \text{Equação 17}$$

Onde:

E = Quantidade de energia (kcal);

V_m = Volume de madeira total (m^3);

D_b = Densidade Básica da madeira ($Kg.m^{-3}$);

4590 e 51,9 = Constantes;

U = Teor de Umidade (%)

4.8. Análise descritiva dos dados

Foram realizadas as análises estatísticas descritiva, visando a identificação, o registro e a análise das características, fatores ou variáveis que possam relacionar-se entre si. Desta forma, foram obtidas medidas de tendência central (média) e de variabilidade (desvio padrão e coeficiente de variação), para as características anatômicas, químicas e física da madeira, além da análise do diagnóstico da frequência de toras ocas, rendimento volumétrico e custos de produção. Os dados obtidos foram organizados e descritos em tabelas/quadros, gráficos e medidas descritivas, num objetivo de melhor interpretação e visualização dos resultados deste projeto proposto.

5. Resultados e Discussão

5.1. Diagnóstico das espécies arbóreas com presença de oco

O diagnóstico das madeiras ocas nesta pesquisa foi realizado de duas formas. A primeira, consistiu no levantamento de toras ocas no pátio da serraria da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda, e outra, com dados referentes às árvores ocas em área de efetivo manejo florestal disponibilizados pela mesma empresa. Nos resultados, foi possível realizar a identificação da madeira de toras ocas a nível de espécies e algumas de suas características, como a densidade da madeira. Além disso, foi verificada informações de volume, distribuição e a frequência destes indivíduos em área de manejo florestal.

5.1.1. Análise de campo no pátio da serraria

Foram identificadas 29 toras ocas com diversos tipos, formatos e intensidade de degradação no cerne da madeira. Assim como constatado por Medeiros (2013), não houve um padrão definido do aparecimento da ocosidade nas toras. Algumas destas, encontravam-se com a cavidade interna somente nas extremidades, enquanto que em outras, a cavidade percorreu por toda a extensão do fuste. A Figura 25, mostra alguns dos indivíduos ocos identificados no pátio.

Quanto a caracterização da ocosidade encontrada nas toras de madeira, pode-se citar algumas, como aquelas que não possuíam um formato circular, normalmente encontrado na maioria dos ocos; as que ocasionavam rachaduras na tora em decorrência do oco e ainda; os que não apresentavam a degradação no centro da árvore, ou seja, não iniciando-se no sentido medula ao cerne.

Em alguns indivíduos, foi possível identificar um material escurecido e solidificado, presente na cavidade do oco, sendo este apontado como o resíduo da biodegradação na madeira, decorrente dos agentes xilófagos.

Na Tabela 2 mostra um compilado das informações mensuradas em campo, para diagnosticar a ocorrência de ocosidade nas espécies arbóreas da região amazônica.

Das 29 toras de madeira ocas, foram identificadas 10 espécies arbóreas. Os diferentes formatos e intensidade de degradação da madeira mostraram alta variação dos valores de diâmetro dos ocos.



Figura 25. Imagens dos variados tipos e formatos de ociedade nas toras de madeira. **Fonte:** Próprio Autor.

Tabela 2. Informações dos indivíduos ocos e suas características obtidos do levantamento de toras de madeira realizado no pátio da serraria da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda.

Nome comum	Nome científico	Db (g/cm ³)	Oco (cm)		
			d1	d2	D \bar{y}
Angelim vermelho	<i>Dinizia excelsa</i>	0,83	56	47	51,5
Angelim vermelho	<i>Dinizia excelsa</i>		50	54	52
Breu Vermelho	<i>Protium puncticulatum</i>	0,63	11	13	12
Fava-amargosa	<i>Vatairea paraensis</i>	0,78	11	14	12,5
Fava-amargosa	<i>Vatairea paraensis</i>		6	8	7
Fava-amargosa	<i>Vatairea paraensis</i>		7	9	8
Fava-amargosa	<i>Vatairea paraensis</i>		12	25	18,5
Fava-amargosa	<i>Vatairea paraensis</i>		10	8	9
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	0,76	48	40	44
Louro Gamela	<i>Ocotea rubra</i>	0,58	9	8	8,5
Louro Gamela	<i>Ocotea rubra</i>		18	20	19
Louro Gamela	<i>Ocotea rubra</i>		25	16	20,5
Louro Gamela	<i>Ocotea rubra</i>		17	15	16
Louro Gamela	<i>Ocotea rubra</i>		15	12	13,5
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>	0,79	75	62	68,5
Sucupira amarela	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	0,75	16	16	16
Sucupira amarela	<i>Enterolobium schomburgkii</i>		16	20	18
Sucupira amarela	<i>Enterolobium schomburgkii</i>		30	35	32,5
Sucupira amarela	<i>Enterolobium schomburgkii</i>		9	25	17
Sucupira vermelha	<i>Andira parviflora</i>	0,77	18	14	16
Sucupira vermelha	<i>Andira parviflora</i>		12	11	11,5
Sucupira vermelha	<i>Andira parviflora</i>		28	24	26
Sucupira vermelha	<i>Andira parviflora</i>		10	9	9,5
Sucupira vermelha	<i>Andira parviflora</i>		14	19	16,5
Taxi	<i>Tachigali spp.</i>	0,57	10	11	10,5
Uxi	<i>Endopleura uchi</i>	0,78	28	25	26,5
Uxi	<i>Endopleura uchi</i>		13	24	18,5
Uxi	<i>Endopleura uchi</i>		23	23	23
Uxi	<i>Endopleura uchi</i>		30	27	28,5
média dos diâmetros dos ocos					21,74138

Db: Densidade básica da madeira; **d1:** Primeira medida do diâmetro do oco da tora; **d2:** Segunda medida do diâmetro do oco da tora, perpendicular à primeira; **D \bar{y} :** Diâmetro médio do oco da tora de madeira.

O diâmetro médio dos ocos encontrados foi de 21,74 cm, sendo a amplitude de variação igual a 61,5 cm. Entre todas as espécies do levantamento, a *Vatairea paraensis* foi a que apresentou o menor diâmetro médio do oco, igual

a 7 cm, enquanto que a espécie *Astronium lecointei* teve o maior valor, igual a 68,5 cm.

As espécies de maior ocorrência no pátio da empresa foram a *Vatairea paraenses*, *Ocotea rubra* e *Andira parviflora*, cada uma com 5 indivíduos, sendo a média dos diâmetros dos ocos igual a 11 cm, 15,5 cm e 15,9 cm, respectivamente.

A *Dinizia excelsa* (n= 2), seguida da *Endopleura uchi* (n= 4), foram as espécies que obtiveram os maiores diâmetros de oco, após *Astronium lecointei*, sendo as médias de 51,75 cm e 24,13 cm, respectivamente.

Outros resultados corroboram com o diagnóstico de ocosidade em toras de madeira, como o estudo realizado por Medeiros (2013) que também relatou sobre a variabilidade entre as espécies possuindo cavidades internas nas madeiras amazônicas. Tal característica ocorre principalmente em indivíduos arbóreos de alto valor comercial (Eleutério, 2011; Medeiros, 2013), sendo a sua exploração realizada para suprir a demanda de madeira da região, mesmo que a presença do oco seja um dos possíveis fatores alegados para o baixo rendimento volumétrico de madeira.

Uma das características analisadas para estas espécies, foi a determinação da densidade básica da madeira. Sendo a classificação realizada de acordo com MELO, CORADIM e MENDES (1999) descrito no Quadro abaixo.

Quadro 2. Classificação das espécies quanto a densidade básica da madeira.

Densidade (g/cm ³)	Classificação
≤ 0,50	Baixa
> 0,50 e ≤ 0,72	Média
> 0,72	Alta

Fonte MELO, CORADIM e MENDES (1990).

De acordo com Corassa (2014), a densidade possui grande relação com a qualidade da madeira, quanto maior a densidade básica, maior seria a sua resistência, principalmente contra agentes xilófagos. No entanto, não foi isso constatado em prática, já que 7 das 10 espécies em análise possuem alta densidade. Tal diagnóstico também foi verificado por Eleutério (2011), onde a alta densidade da madeira foi um dos critérios determinantes para identificação de oco no inventário florestal das árvores com potencial de exploração em área de manejo. Com base no diagnóstico foi verificado a correlação entre a

ocorrência do oco, com o maior diâmetro das árvores, juntamente com a alta densidade básica da madeira.

5.1.2. Banco de dados da empresa

Neste levantamento, foram analisadas árvores referentes a exploração florestal ocorridas em duas áreas de manejo florestal, denominadas neste trabalho como Área01 e Área02, nos anos de 2017 e 2018. A partir disto, foram tabelados os dados das espécies arbóreas e volumetria das madeiras para cada indivíduo, além da identificação das árvores ocas exploradas.

Com a realização do inventário florestal dos indivíduos arbóreos com potencial à exploração madeireira, foram contabilizadas 95.177 árvores para Área01 e 85.657 para Área02. No entanto, de acordo com as legislações que regem as práticas de manejo florestal, nem todos os indivíduos arbóreos são passíveis de exploração florestal, recebendo classificações como exposto no Quadro 3.

Quadro 3. Classificação de árvores durante o inventário florestal para a realização do plano de manejo, de acordo com a IN 05/MMA/2006.

Classificação de árvores para o Manejo florestal
Árvores Matrizes
Árvores em Área de Preservação Permanente – APP
Árvores para manutenção de espécies
Árvores Remanescente
Árvores Seleccionadas para Corte

Na Tabela 3 foram reunidos os dados referentes aos indivíduos arbóreos explorados nas duas áreas. Nesta, estão contidas informações sobre a identificação das árvores por meio do seu nome comum, nome científico, família botânica, densidade básica da madeira, quantidade de indivíduos explorados e os que possuíam oco. A tabela está organizada de acordo com a quantidade de indivíduos ocos contidos nas áreas, verificados para cada espécie florestal.

Tabela 3. Informações dos indivíduos explorados em área de manejo florestal, com ocorrência e ocosidade no fuste.

Nome comum	Nome científico	Família Botânica	Db (g.cm ³)	Área01		Área02	
				Arv exp	Arv ocas	Arv exp	Arv ocas
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i>	Sapotaceae	0,92	2.368	533	1.672	319
Louro-preto	<i>Ocotea neesiana</i>	Lauraceae	0,63	2.455	303	2.522	200
Louro-itauba	<i>Mezilaurus itauba</i>	Lauraceae	0,8	826	157	73	9
Angelim-vermelho	<i>Dinizia excelsa</i>	Leguminosae	0,83	85	29	327	132
Pequiá	<i>Caryocar villosum</i>	Caryocaraceae	0,63	199	54	355	80
Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	Leguminosae	0,97	518	42	727	71
Amapá	<i>Brosimum parinarioides</i>	Moraceae	0,57	616	32	1.720	62
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>	Celastraceae	0,69	797	38	1403	50
Louro-gamela	<i>Ocotea rubra</i>	Lauraceae	0,58	1.670	61	171	2
Uxi	<i>Endopleura uchi</i>	Humiriaceae	0,78	390	17	1215	44
Breu-vermelho	<i>Protium puncticulatum</i>	Burseraceae	0,63	2.176	40	88	4
Sucupira-amarela	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Leguminosae	0,84	200	8	903	30
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	Leguminosae	0,76	45	3	451	33
Castanha-sapucaia	<i>Lecythis zabucajo</i>	Lecythidaceae	0,84	485	35	0	0
Angelim-rajado	<i>Pithecellobium incuriale</i>	Leguminosae	0,81	263	9	714	24
Arurá-vermelho	<i>Iryanthera paraensis</i>	Myristicaceae	0,63	999	28	244	4
Sucupira-vermelha	<i>Andira parviflora</i>	Leguminosae	0,77	556	13	1.101	18
Tauari-vermelho	<i>Cariniana micrantha</i>	Lecythidaceae	0,58	466	19	235	7
Tauari-cachimbo	<i>Cariniana rubra</i>	Lecythidaceae	0,65	263	6	452	17
Tanibuca	<i>Buchenavia viridiflora</i>	Combretaceae	0,72	95	20	62	3
Louro-aritú	<i>Licaria aritu</i>	Lauraceae	1,04	282	21	31	1
Timborana	<i>Piptadenia suaveolens</i>	Leguminosae	0,74	27	0	595	21
Pequiá-marfim	<i>Aspidosperma desmanthum</i>	Apocynaceae	0,69	359	13	210	8
Cedrinho	<i>Scleronema micranthum</i>	Bombacaceae	0,59	1.071	4	3.350	16
Fava-amargosa	<i>Vatairea paraensis</i>	Leguminosae	0,78	279	4	590	16

Nome comum	Nome científico	Família Botânica	Db (g.cm ³)	Área01		Área02	
				Arv exp	Arv ocas	Arv exp	Arv ocas
Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i>	Moraceae	0,59	603	2	991	17
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>	Anacardiaceae	0,79	70	5	200	14
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium modestum</i>	Leguminosae	0,65	871	9	1087	9
Breu-branco	<i>Protium paniculatum</i>	Burseraceae	0,84	476	5	603	13
Muirapiranga	<i>Brosimum rubescens</i>	Moraceae	0,95	179	14	80	4
Tauari-branco	<i>Couratari guianensis</i>	Lecythidaceae	0,52	7	0	707	14
Mandioqueira	<i>Qualea paraensis</i>	Vochysiaceae	0,66	754	9	141	2
Jutaí-pororoca	<i>Dialium guianense</i>	Leguminosae	0,85	13	0	194	9
Angelim-do-campo	<i>Andira laurifolia</i>	Leguminosae	0,67	3	0	2052	8
Maparajuba	<i>Manilkara cavalcantei</i>	Sapotaceae	0,83	59	4	8	3
Ipê	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae	0,87	3	1	23	5
Taxi-amarelo	<i>Sclerolobium chrysophyllum</i>	Leguminosae	0,52	0	0	95	3
Jacareúba	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Clusiaceae	0,56	71	3	0	0
Jarana	<i>Lecythis poiteaui</i>	Lecythidaceae	0,8	114	2	0	0
Angelim-fava	<i>Hymenolobium excelsum</i>	Leguminosae	0,63	0	0	6	2
Acariquara	<i>Minquartia guianensis</i>	Olacaceae	0,85	144	0	520	1
Marupá	<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae	0,39	0	0	89	1
Pequiarana	<i>Caryocar glabrum</i>	Caryocaraceae	0,61	3	0	3	1
Sucupira-preta	<i>Diplotropis racemosa</i>	Leguminosae	0,78	11	0	82	0
Violeta	<i>Peltogyne catingae</i>	Leguminosae	0,81	24	0	26	0
Louro-amarelo	<i>Licaria rigida</i>	Lauraceae	0,73	1	0	2	0
Louro-faia	<i>Roupala montana</i>	Proteaceae	0,77	1	0	0	0
Abiurana-guajará	<i>Pouteria cuspidata</i>	Sapotaceae	0,92	0	0	1	0
Melanciaeira	<i>Alexa grandiflora</i>	Leguminosae	0,53	0	0	1	0
<i>Total</i>				20.897	1.543	26.122	1.277

*Obs: os valores de densidade básica foram obtidos a partir da literatura de MELO, CORADIM e MENDES (1990); Jankowsky (1990); Sousa (2002)

Do total de árvores inventariadas mencionado anteriormente, ocorreu a exploração efetiva de 20.897 indivíduos arbóreos na Área01, onde 1.543 estavam ocos, enquanto que na Área02 foram 26.122 indivíduos explorados, sendo 1.277 ocos. Apesar da Área02 apresentar o maior número de árvores exploradas, esta obteve a menor ocorrência de indivíduos ocos que a Área01. Isto pode ter ocorrido pelas espécies disponíveis à exploração na área da Área01, que por sua vez, apresentaram grande ocorrência de ocosidade, não possuem a mesma frequência na Área02. De acordo com as análises realizadas, a frequência da ocorrência das árvores ocos foi de cerca de 7,4% na Área01, enquanto que na Área02 a frequência foi bem menor, igual a 4,9% de árvores ocos.

Outros autores também constataram o diagnóstico da ocorrência de árvores ocos para a região amazônica, onde tal ocosidade afeta significativamente no rendimento volumétrico de madeira. O diagnóstico de árvores ocos no estudo de Medeiros (2013) mostra que, numa área de 20 hectares da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda, no município de Itacoatiara – AM, dos 88 indivíduos arbóreos inventariados, cerca de 16% apresentaram-se com ocosidade. Já no estudo de Almeida (2018), realizado na FLONA de Saracá-Taquera, no estado do Pará em área de 977 hectares, foram diagnosticadas 533 árvores ocos, representando 17% do total de árvores exploradas. Na avaliação de Emmert (2014), em levantamento feito em área de exploração florestal na região amazônica, de 316 árvores exploradas, 54 estavam ocos, representando uma frequência de 17,1%.

Os resultados dos três autores foram próximos entre si, no entanto, distintos aos encontrados neste estudo. Isto pode estar relacionado com o grande número de indivíduos explorados e a alta diversidade das espécies nas Áreas 01 e 02.

Também foi realizada a identificação da localização da ocosidade na tora de madeira. Na Área01, foram verificadas que entre as 1.543 toras ocos, 517 apresentaram oco nas duas extremidades, podendo esta cavidade estar por todo o seu fuste. O mesmo aconteceu na Área02, que dos 1.277 indivíduos ocos, 473 também possuíam oco nas duas extremidades da tora. Isso mostra que não houve um padrão definido para o ataque desses organismos xilófagos à madeira,

onde alguns ocos apresentavam-se apenas em uma das extremidades ou, como visto anteriormente, nas duas extremidades e por todo o comprimento da árvore.

Foram registradas 20 famílias botânicas para os indivíduos arbóreos explorados nas duas áreas. O diagnóstico das famílias botânicas com a maior representatividade entre as espécies de madeira com ocorrência de ocosidade, destacaram-se a família Leguminosae, com 16 espécies; seguidas das famílias Lecythidaceae e Lauraceae, contendo cada uma, 5 espécies. Já as famílias botânicas que comportaram a maior quantidade de indivíduos ocos nas duas áreas foram: Lauraceae ($n_{01}=542$, $n_{02}=212$), Sapotaceae ($n_{01}=537$, $n_{02}=322$) e a Leguminosae ($n_{01}=117$, $n_{02}=376$).

Quanto a nível de espécie arbórea, foram registradas 49 para as duas áreas, sendo as espécies *Lecythis zabucajo*, *Lecythis poiteau*, *Calophyllum brasiliense* e *Roupala montana* pertencentes apenas à Área01, enquanto que as espécies *Sclerolobium chrysophyllum*, *Hymenolobium excelsum*, *Simarouba amara*, *Pouteria cuspidata* e a *Alexa grandiflora* ocorreram apenas na Área02.

As cinco espécies com maior representatividade de indivíduos explorados na Área01 foram: *Ocotea neesiana* ($n=2.455$), *Manilkara huberi* ($n=2.368$), *Protium puncticulatum* ($n=2.176$), *Ocotea rubra* ($n=1.670$) e *Scleronema micranthum* ($n=1.071$). Já na Área02, as espécies mais exploradas foram: *Scleronema micranthum* ($n=3.350$), *Ocotea neesiana* ($n=2.522$), *Andira laurifolia* ($n=2.5052$), *Brosimum parinarioides* ($n=1.720$) e *Manilkara huberi* ($n=1.672$).

Todas as espécies com grande quantidade de indivíduos arbóreos explorados, citados anteriormente, também se apresentaram com alta ocorrência de ocosidade. Assim, as espécies com maior quantidade de indivíduos ocos para as áreas em análise foram as seguintes: para Área01: *Manilkara huberi* ($n=533$), *Ocotea neesiana* ($n=303$), *Mezilaurus itauba* ($n=157$), *Ocotea rubra* ($n=61$), *Caryocar villosum* ($n=54$); enquanto que para Área02 foram: *Manilkara huberi* ($n=319$), *Ocotea neesiana* ($n=200$), *Dinizia excelsa* ($n=132$), *Caryocar villosum* ($n=80$) e *Dipteryx odorata* ($n=71$).

Houveram seis espécies que não apresentaram nenhuma ocorrência de indivíduos ocos, sendo estas: *Licaria rígida*, *Roupala montana*, *Pouteria cuspidata*, *Alexa grandiflora*, *Peltogyne catinae* e a *Diploptropis racemosa*; destacando-se as duas últimas espécies, conhecidas popularmente como

Violeta e Sucupira-Preta (nesta mesma ordem), já que estas apresentaram uma quantidade significativa de indivíduos explorados nas duas Áreas, sendo estes valores respectivamente $n_{01}=24$, $n_{02}=26$ para Violeta e, $n_{01}=11$, $n_{02}=82$ para a Sucupira-preta, enquanto que as outras espécies arbóreas tiveram de 1 a 2 indivíduos explorados para, pelo menos, uma das Áreas. Assim, acredita-se que estas espécies apresentem maior rendimento volumétrico no processamento mecânico, em relação às espécies que possuem ocosidade em seu fuste, que atualmente variam entre 20 a 25%².

Para realizar o diagnóstico geral da ocorrência de árvores ocas para as espécies da região amazônica, foram utilizadas as médias dos resultados das duas áreas avaliadas. O diagnóstico foi expresso de acordo com o mostrado na Figura 26, que por meio da frequência de indivíduos ocos em área de manejo florestal, foi possível demonstrar as 15 espécies arbóreas que mais apresentaram ocosidade nas áreas de exploração madeireira.

Nota-se que as espécies que obtiveram maior quantidade de indivíduos explorados, não necessariamente, apresentaram maiores frequências de ocorrência de ocosidade. A espécie *Dinizia excelsa* Ducke, conhecida popularmente como angelim vermelho, foi a que apresentou maior ocorrência de ocosidade, cerca de 37% das árvores exploradas em área de manejo encontravam-se ocas. No trabalho de Eleutério (2011), esta mesma espécie, com uma abundância intermediária, foi a mais oca entre as 38 espécies estudadas, com uma frequência de ocosidade maior que 20%.

De acordo com engenheiros da empresa² (ao qual foram obtidas as informações aqui descritas), a espécie angelim vermelho é uma das que apresentam bastante ocosidade, assim como Maçaranduba (*Manilkara huberi*) e Itaúba (*Mezilaurus itauba*). As duas últimas espécies citadas, também estão entre as espécies com maior frequência de ocosidade com 20,79% e 15,67% respectivamente, confirmando o que foi relatado pelos engenheiros da empresa.

² Conversa informal: Engenheiros Florestais Bruno e Marcos

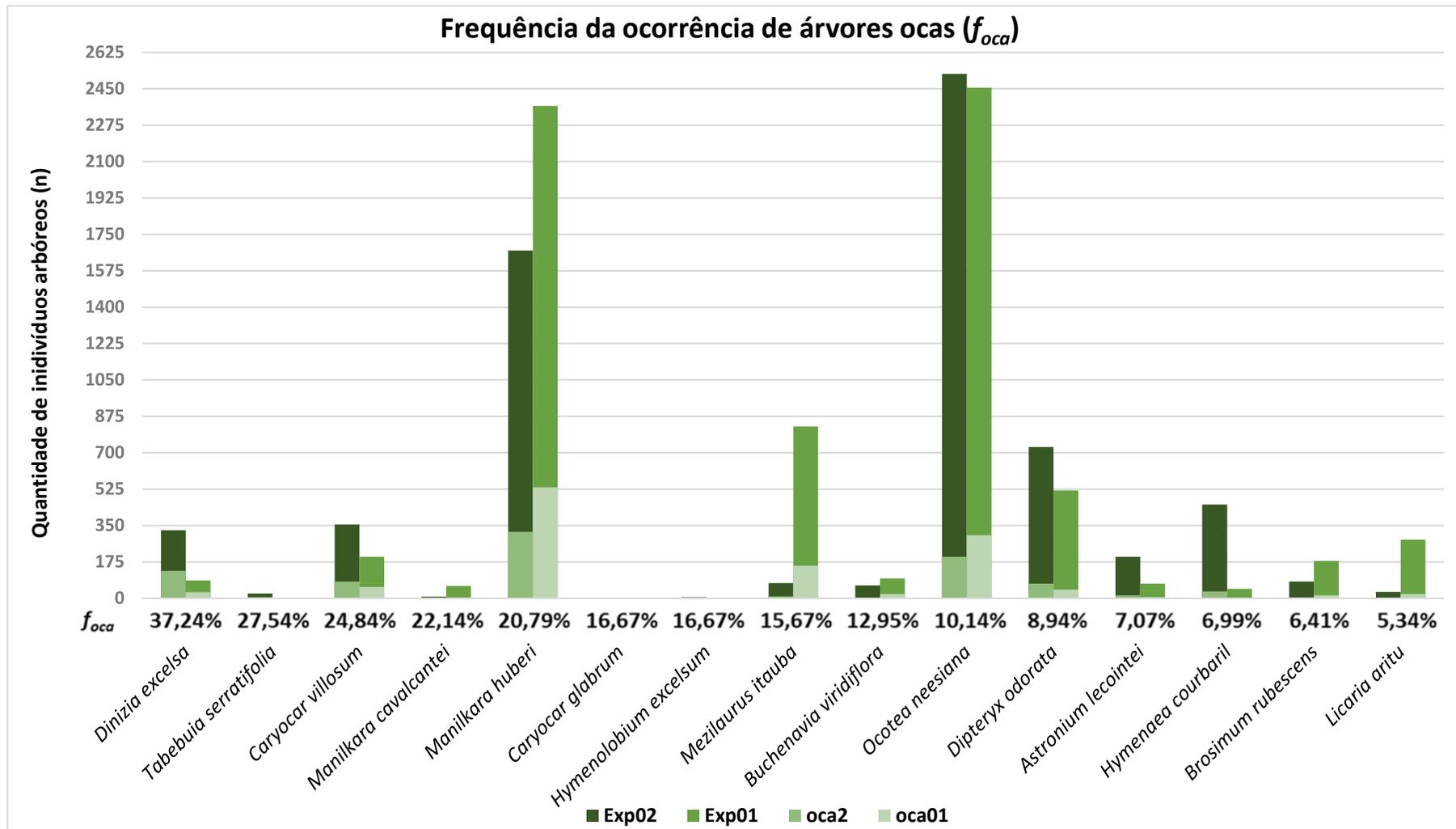


Figura 26. Diagnóstico da frequência de ocorrência de árvores ocas nas duas áreas de estudos. Obs.: **Exp02**: quantidade de árvores exploradas na área02; **Exp01**: quantidade de árvores exploradas na área01; **oca02**: quantidade de árvores ocas na área02; **oca01**: quantidade de árvores ocas na área01. Os valores em porcentagem (%) são referentes a frequência da ocorrência de árvores com a presença de oco (f_{oca}), identificado por espécie.

As espécies *Caryocar glabrum* e *Hymenolobium excelsum* estão entre as 7 espécies com maior frequência de ocorrência do oco, no entanto, tal posicionamento é justificado pela baixa quantidade de indivíduos arbóreos explorados nas duas áreas de manejo (menos de 10 indivíduos explorados por área), fazendo com que o aparecimento de indivíduos ocos elevasse a frequência destas espécies.

Das 49 espécies exploradas, cerca de 55% são classificadas como madeira de alta densidade, enquanto que os outros 45%, corresponde a madeiras de média densidade (de acordo com o Quadro 2). Em geral, as madeiras de média a alta densidade recebem maior procura no mercado, já que suas características são favoráveis para a trabalhabilidade e resistência natural da madeira. As espécies com madeiras de baixa densidade, só são exploradas mediante demanda comercial, mesmo que essas tenham sua exploração autorizada no sistema do *Documento de Origem Florestal* – DOF.

Dentre as espécies com maior frequência de ocorrência de ocosidade, demonstradas na Figura 29, cerca de 73% correspondem as espécies de madeiras com alta densidade básica. Tal situação apresenta-se incomum, já que algumas literaturas mostram que estas madeiras possuem características químicas e físicas que conferem à madeira alta resistência ao ataque de xilófagos.

Os resultados mostram valores significativos sobre a exploração de árvores que possuem ocosidade em seu fuste. Na avaliação geral para as duas áreas do estudo (Área01 e Área02), foi verificado que o volume bruto total de árvores exploradas é igual a 206.189,2403 m³, e que em média, cada área possui um volume de madeira igual a 103.094,6206 m³.

O volume bruto, realizado pelo método geométrico, corresponde as medidas obtidas pelo romaneio da tora após a exploração. O volume do oco, também obtido pelo método geométrico, foi posteriormente descontado do volume bruto, determinando assim o volume real de cada tora de madeira, denominado como volume líquido, apresentando este um total de 203.320,2975 m³ para as duas áreas, e que em média, correspondeu a um volume de 101.660,1488 m³ para cada área. Assim, o volume de oco nas toras de madeira compromete o planejamento da empresa, que obteve uma perda de 2.868,9428

m³ de madeira para as duas áreas de exploração avaliadas neste estudo, tendo uma média de 1.434,4714 m³ por área. Apesar da perda de volume do oco corresponder a apenas 0,7% do volume total de madeira para cada área de exploração, tal volumetria é significativamente alta.

Para Emmert (2014), a identificação das árvores ocas ocasiona um tempo gasto que poderia ser aplicado à exploração de árvores sadias, já que em muitos casos, os manejadores de madeira optam pela não exploração destas árvores por apresentar um baixo rendimento após o desdobro. Emmert (2014) propõe ainda que estas árvores ocas poderiam ser marcadas no inventário florestal, evitando a perda do tempo na identificação, excluindo-as assim, do planejamento volumétrico de madeira e da lista de árvores de possível corte.

No entanto, a exploração destas árvores ocas pode influenciar positivamente do ponto de vista ecológico (Eleutério, 2011; Danielli, 2016). Já do ponto de vista econômico, por conta do rendimento volumétrico, a retirada destas árvores apresenta um aspecto negativo, onde uma adaptação e adoção de metodologias visando aumentar o rendimento das serrarias, surge como uma forte perspectiva para melhorar este cenário madeireiro.

5.2. Avaliação e Caracterização da madeira

Este tópico será composto pela avaliação visual a olho nu da qualidade da madeira em estudo, desde a aquisição das toras até o desdobro, seguindo da caracterização da madeira, realizado por meio de análises específicas em laboratório.

5.2.1. Avaliação visual da qualidade das duas toras ocas

A partir da avaliação visual da qualidade das toras de madeira, foi verificado que estas apresentavam seus fustes de forma retilínea, com uma coloração amarelo avermelhada e as camadas de cerne e alburno bem distintas, a casca possuía uma cor mais escurecida e em algumas partes já estavam naturalmente desprendendo-se do fuste. O procedimento de avaliação biológica visual das toras (casca, alburno e cerne) evidenciou o ataque de xilófagos em dois momentos distintos, o primeiro refere-se ao ataque à árvore em pé e o outro, às toras de madeira armazenadas até o início do desdobro. Desta forma, após a doação de duas toras de madeira foram identificadas ocosidade por toda sua extensão, de uma ponta a outra, onde apresentavam alta taxa de degradação no

cerne da madeira. Além disso, na cavidade (oco) foi encontrado um material escuro, sem forma definida, endurecido, com boa resistência, assemelhando-se bastante com o carvão vegetal.



Figura 27. Toras de madeira recém-chegadas ao LEAM/INPA. **Fonte:** Próprio Autor.

As toras de madeira ficaram reservadas no Laboratório durante alguns meses até que fosse iniciado o seu desdobro. No entanto, foi observado que ao longo do tempo, a cor da madeira foi escurecendo, devida a sua oxidação, conforme demonstrado na Figura 28. A mudança de coloração ocorreu por estas toras ficarem em exposição constante ao sol, causando o escurecimento superficial da madeira.



Figura 28. As extremidades das duas toras de madeira, demonstrando a mudança da coloração durante o seu tempo de armazenamento até o início do desdobro. **Fonte:** Próprio Autor.

Quanto a avaliação da sanidade das toras, foi verificado o início de uma infestação por cupins, que imediatamente foi controlado. Além disso, encontramos pequenas cavidades ao longo da casca, que não foram percebidas

na chegada das toras de madeira ao LEAM/INPA, sendo assim, identificado a existência de possíveis organismos broqueadores, formando galerias ao longo do fuste da tora.

Durante e após o desdobro das toras de madeira, as peças passaram por uma avaliação de sanidade biológica visual, onde o material escurecido presente na cavidade da tora foi evidenciado, conforme a Figura 29-a, juntamente com as estruturas da madeira próximas a cavidade deteriorada (Figura 29-b). A deterioração nas peças de madeira não foi necessariamente um problema, já que esta se evidenciava nas extremidades das peças, podendo ser retiradas no momento da usinagem da madeira.



Figura 29. Ao retirar a(s) primeira(s) peça(s) do oco, destacaram-se o **a-** Material escurecido presente na cavidade das toras, e **b-** As estruturas desuniformes da madeira. **Fonte:** Próprio Autor.

Foram constatadas a presença de galerias de insetos em algumas peças de madeira. Estas, são desenvolvidas por besouros broqueadores, que segundo Oliveira et al. (1986), utilizam a madeira para abrigo, reprodução e nutrição por meio de seus polímeros naturais que se tornam atrativos à estes insetos.

Apesar da deterioração ocasionada por organismos xilófagos, as peças de madeira apresentaram boa qualidade e bons aspectos para serem utilizadas em vários segmentos madeireiros. Visualmente, as peças detinham de uma coloração marrom-avermelhada no cerne, distinto do alburno que apresentava uma coloração mais amarelada. Ao longo das superfícies das peças, além da textura lisa e brilhante, a madeira apresentou-se com algumas faixas mais escuras no cerne, formando desenhos por toda sua extensão.

5.2.2. Coleóptero

Durante o desdobro das toras ocas foram encontrados dois exemplares de coleópteros (Figura 30) do tipo broqueadores, saindo de pequenas cavidades superficiais e, formando galerias por toda a madeira. Os coleópteros encontrados são da Família Cerambycidae, identificados de acordo com a Entomóloga Raimunda Liége Abreu do Laboratório de Entomologia do INPA, por meio de chaves entomológicas de identificação e comparação direta com exemplares já anteriormente identificados.



Figura 30. Coleóptero da família Cerambycidae coletado durante o desdobro da madeira.
Fonte: Próprio Autor.

A Família Cerambycidae constitui uma das famílias mais numerosas da Ordem dos coleópteros, com aproximadamente 35.000 espécies descritas no mundo (MARTINS, 1999), e cerca de 3.500 espécies ocorrentes no Brasil (COSTA; VANIN; CASARI-CHEN, 1988). Os insetos são conhecidos vulgarmente pelos nomes de serra-pau, longicórneos ou brocas, com o tamanho variando de 2,5 mm a 170 mm (MONNÉ, HOVORE, 2005). Os cerambycidaes são facilmente conhecidos pela estrutura do corpo, com antenas geralmente alongadas (MARTINS, 1999). Os adultos têm vida curta, podendo ser encontrados em todos os tipos de ambientes terrestres e são essencialmente fitófagos (MARTINS, 1999). As larvas são xilófagas e se alimentam dos tecidos das árvores e arbustos ou de troncos em diferentes graus de decomposição (MARTINS, 1997).

Algumas espécies da família Cerambycidae atacam a madeira viva, ou seja, a árvore ainda em pé, como também, podem ocorrer após a derrubada, durante o transporte e armazenamento de toras nos pátios da serraria, já que algumas espécies arbóreas tem a capacidade de volatilizar substâncias atrativas a estes organismos xilófagos (MOURA, 2007; ABREU et al., 2002; HANKS,

1999). Moura (2007) mostra que, de acordo com Oliveira et al. (1986), praticamente nenhuma espécie arbórea é imune a espécies de coleópteros da família Cerambycidae. De acordo com a pesquisa de Moura (2007), a existência de cerambycidaes é significativa entre a Ordem Coleóptera, em área de floresta, já que este possuiu uma representatividade de aproximadamente 6% entre os demais coleópteros encontrados na pesquisa.

Com as análises realizadas apenas por comparação direta de coleópteros já identificados no Repositório neotropical³, da família Cerambycidae, foram verificadas semelhanças do coleóptero desta pesquisa com os gêneros *Coleoxestia* sp, *Atiaia* sp, *Hirtobrasilianus* sp, *Juiaparus* sp, *Jupoata* sp, *Plocaederus* sp, *Patiaxixa* sp e *Melathemma* sp. Tais comparações foram feitas por características como: antenas e corpo alongados e com similaridade do ápice elitral. A partir das semelhanças por gênero, foram feitas análises de comparação por espécie, onde as que mais tiveram semelhança com o exemplar desta pesquisa foram as seguintes: *Coleoxestia anthracina*, *Juiaparus batus*, *Jupoata garbei*, *Plocaederus fragosio* e *Plocaederus inconstrans*. Salientamos ainda, que esta foi apenas uma análise prévia dos possíveis gêneros e espécies dos coleópteros encontrados durante o desdobro das toras. No entanto, não se descarta a necessidade da identificação por meio de chaves entomológica e especialistas para a identificação.

5.2.3. Caracterização da madeira

A caracterização da madeira em estudo foi realizada a partir de sua identificação anatômica, seguida da realização de análises de propriedades químicas e físicas da madeira.

5.2.3.1. Identificação anatômica da madeira

A madeira foi identificada com o auxílio do Tecnologista Jorge de Freitas, confirmando a reconhecida e já utilizada pela empresa Mil Madeiras Preciosas. Para compor os resultados da caracterização da madeira, a literatura bibliográfica foi fundamental, já que tal espécie é bastante conhecida no mercado madeireiro e em estudos científicos.

Nome científico: *Astronium lecointei* Ducke

³ O repositório neotropical é um site (<http://www.coleoptera-neotropical.org>) que apresenta a Coleção Entomológica do museu Juan Enrique Barriga – Tuñón, em Curicó, Chile.

Família: Anacardiaceae

Nome Popular: Muiracatiara, Muiracatiara Rajada, Maracatiara, Arueira, Baracatiara, Sanguessuga, entre outros.

A madeira de *A. lecointei* é considerada pesada e dura ($Db = 0,79 \text{ g/cm}^3$), fácil de ser trabalhada, permitindo excelente acabamento, recebendo bem pinturas e verniz. Possui alborno de cor branco-amarelado e cerne bege-rosado a castanho avermelhado, demarcado com faixas pretas em sentido vertical, formando belas figuras, bem distintas. A madeira possui grã regular, com textura média; não possui resina e o cheiro e gosto são indistintos.

Descrição macroscópica: Parênquima axial invisível mesmo sob lente de 10x, ausente ou extremamente raro. Raios visíveis somente sob lente de 10x de aumento em seção transversal e visíveis a olho nu em seção tangencial, não estratificados, canais secretores radiais ausentes, espelho contrastado em seção radial. Poros/Vasos visíveis a olho nú, pequenos a médios, arranjo com padrão indefinido, predominantemente solitários e múltiplos, obstruídos por tilos e eventualmente por depósitos de coloração esbranquiçada, placa de perfuração simples, linhas vasculares retilíneas em seção tangencial. Camadas de crescimento indistintas, individualizadas por zonas fibrosas transversais mais escuras.

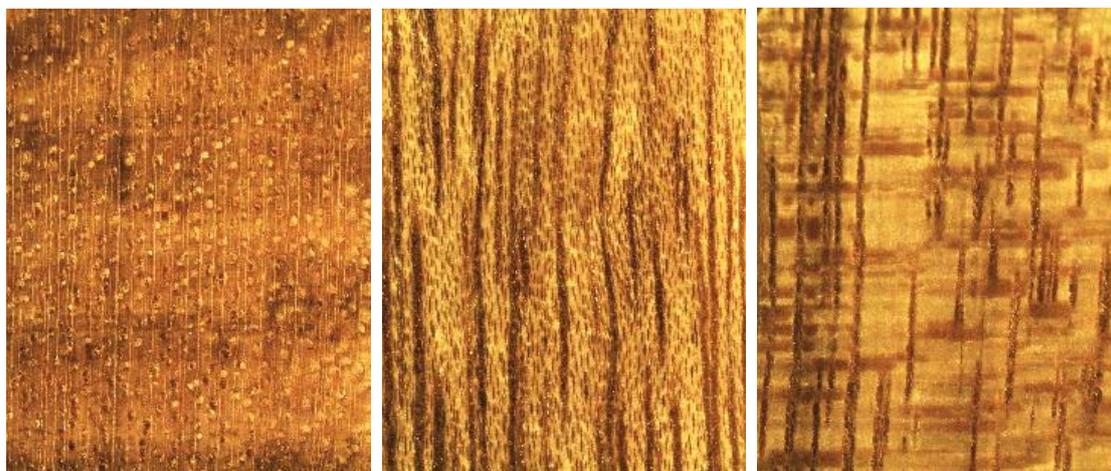


Figura 31. Imagens das faces: transversal, longitudinal e radial da madeira da espécie *Astronium lecointei* Ducke. **Fonte:** Próprio Autor.

5.2.3.2. Propriedades Químicas e Físicas da madeira de *A. lecointei* Ducke

Os valores médios obtidos para as propriedades químicas da madeira de *A. lecointei* Ducke estão expostos na Tabela 4, sendo estes, os valores para o

teor de umidade, teor de extrativos totais, teor de cinza, poder calorífico e pH da madeira.

Tabela 4. Valores de Propriedades Química

	TE (%)	pH	TC (%)	PCS ($J.g^{-1}$)
Médias (CV %)	11% (1,87)	5,38 (0,54)	0,50% (1,33)	14.499,24 (0,15)

TE= Teor de Extrativos totais; **TC=** Teor de Cinzas; **PCS=** Poder Calorífico Superior.

O teor de extrativos totais, de acordo com Klock e Almeida (2013), são frequentemente responsáveis por determinadas características da madeira como: cor, cheiro, gosto e propriedades abrasivas. Neste estudo, o valor médio dos extrativos totais da madeira de *A. lecointei* Ducke foi de 11%. Este valor representa um alto teor de extrativos totais presente na madeira em estudo. De acordo com Klock e Almeida (2013), é comum que madeiras de espécies de regiões tropicais alcancem valores superiores a 10% de extrativos totais. Para Tsoumis (1991), estes valores podem variar entre um teor de 0,62% a 19,8% para madeiras tropicais. Almeida (2013) obteve resultado de teor de extrativos totais igual a 12,04%, próximo ao encontrado neste estudo. No entanto, Susin (2018), apresentou um valor bastante baixo e distinto para a média dos extrativos totais, igual a 4,96%.

De acordo com Klock e Almeida (2013) e Moreschi (2005) os extrativos podem conferir maior resistência ao apodrecimento natural, assim como, se tornar responsável pela maior ou menor suscetibilidade da madeira a agentes deteriorantes. Moreschi (2005) relata ainda que, algumas espécies tropicais são ricas em compostos fenólicos ou compostos com ação biocida, proporcionando maior durabilidade em condições ambientais favoráveis a agentes deterioradores.

Nos resultados anteriores (Tópico 4.1), a madeira da espécie *A. lecointei* Ducke é uma das que possuem grande ocorrência de oco, ou seja, é comum encontrar indivíduos desta espécie com o cerne em estado de degradação causado por organismos xilófagos. No entanto, é possível que a madeira de *A. lecointei* Ducke contenha algum componente que sirva de atrativo aos organismos degradadores. Sendo necessário estudos posteriores mais apurado e detalhado para verificar a existência dos compostos que se fazem presente nestas espécies com tal característica.

Além disso, Almeida (2013) disserta sobre a possibilidade de que os extrativos, por se apresentarem nas cavidades intra e intercelulares e/ou impregnados na parede celular, podem comprometer o desenvolvimento de produtos que venham a ter em sua composição a utilização de adesivos, já que a penetração destes na madeira e sua umectação acontece nestas cavidades.

Para Sellers Jr. (1994), a presença dos extrativos pode auxiliar ou ser prejudicial à colagem e afirma que são eles os responsáveis pela determinação do pH da madeira. No entanto, Almeida (2013) com a obtenção dos resultados de extrativos e pH verificou que não houve relação entre estas duas propriedades da madeira.

De acordo com Iwakiri (2005), o valor médio para o pH da madeira pode variar entre 3 a 6. A madeira de *A. lecointei* apresentou um valor de pH igual 5,38, configurando-se um pH dentro do intervalo proposto por Iwakiri (2005). No estudo de Almeida (2013), o valor médio de pH para a *A. lecointei* Ducke foi inferior ao encontrado neste estudo, igual a 4,74. Apesar da diferença de 0,64 entre os valores obtidos nos dois trabalhos, a madeira não é considerada ácida ao ponto de comprometer a utilização de adesivos, já que as espécies com valores médios próximos de 3, são consideradas ácidas o suficiente para inviabilizar o uso destas na confecção de produtos colados (Kollmann et al., 1975).

O valor médio do conteúdo de cinzas nas madeiras, de acordo com Tsoumis (1991), raramente é menor que 0,2% ou maior que 1% do peso seco das madeiras. No entanto, madeiras de climas tropicais podem apresentar teores de cinza até 5%, de acordo com Klock e Almeida (2013). Quirino et al. (2004) mostra que quanto menor o teor de cinzas, melhor o material, já que este é considerado uma das principais impurezas dos combustíveis.

Para a madeira de *A. lecointei* Ducke, o valor médio encontrado para o teor de cinzas foi de 0,50%. Borges (2018) e Gonçalves et al. (2015), apresentaram valores altos para o teor de cinza desta mesma espécie, igual a 0,89% e 0,95% respectivamente. Susin (2018) obteve resultado próximo ao apresentado neste estudo, igual a 0,59%. A diferença nos resultados pode ser em relação às características de solo, já que, de acordo com Zau et al. (2014), este fator pode influenciar e ocasionar a variação nos resultados de teor de cinza.

Quirino et al. (2004), a partir de um levantamento bibliográfico com 112 espécimes florestais, identificou que a variação do poder calorífico das madeiras, encontram-se entre os valores de 16.278,28 J/g a 22.035,13 J/g.

A espécie *A. lecointei* Ducke obteve um valor para o poder calorífico dentro do parâmetro de variação identificado por Quirino et al. (2004), igual a 17.499,24 J.g⁻¹. Em outros estudos, como o de Gonçalves et al. (2015) e Dutra et al. (2005), foram identificados resultados distintos, porém próximos para a espécie. Gonçalves et al. (2015) obteve um resultado de 20.432 J.g⁻¹ para o poder calorífico da espécie de *A. lecointei* Ducke. Enquanto que Dutra e Nascimento (2005) encontraram uma média de 16.839,31 J.g⁻¹, sendo este resultado, o mais aproximado ao encontrado neste estudo.

Como exposto por Gonçalves et al. (2015), a diferença entre os resultados do poder calorífico entre os estudos, explica-se por uma série de fatores que contribuem para a composição química da madeira, como clima, idade, genótipo, solo, entre outros. Assim, não somente o poder calorífico, como todas as propriedades químicas podem sofrer tais variações pelos fatores acima mencionados, demonstrando a complexidade encontrada no estudo de madeiras de espécies tropicais.

Em relação a determinação das propriedades físicas da madeira para a espécie de *A. lecointei* Ducke, das 29 amostras submetidas às análises, 24 correspondiam ao cerne da madeira, enquanto que as outras 5 amostras, referiam-se ao alburno.

A Tabela 5 mostra os resultados das propriedades físicas referentes as estas amostras da espécie de *A. leicontein* Ducke.

Tabela 5. Propriedades físicas da madeira

	TU (%)	Db (g.cm ⁻³)	Contrações totais (%)		CA
			Rt	Rr	
Cerne	5,65 (0,91)	0,79 (3,08)	6,62 (6,33)	4,25 (9,35)	1,57 (8,83)
Alburno		0,67 (1,13)	8,46 (3,28)	5,63 (6,12)	1,51 (6,70)

TU= Teor de Umidade; Db= Densidade Básica; Rt= Retratibilidade tangencial; Rr= Retratibilidade radial; CA= Coeficiente Anisotrópico. Os valores entre () são os coeficientes de variação para os valores médios demonstrados para cada propriedade física.*

As análises de densidade básica, retratibilidade tangencial e radial, e o coeficiente anisotrópico, realizados nesta pesquisa, obtiveram resultados distintos, quando comparado às médias do cerne e do alburno. Os coeficientes

de variação em sua maioria se mantiveram abaixo de 10%, mostrando a homogeneidade dos resultados.

O valor médio obtido para a densidade básica do cerne foi de 0,79 g/cm³, sendo este, confirmado por Melo et al. (2000) para a espécie de *Astronium leicontein* Ducke. Este resultado caracteriza a espécie uma alta densidade básica (MELO et al., 2000), possuindo uma madeira relativamente dura, com maior resistência e elasticidade, pelo fato de possuir maior quantidade de material lenhoso por unidade de volume da madeira (BRAZ et al., 2014).

Apesar de menor, a densidade básica de 0,67 g/cm³ identificada para a região do alburno, está classificada de média densidade, de acordo com Melo et al., (2000), possuindo uma diferença de 0,12 g/cm³. Assim, mostra-se o quão importante é o conhecimento das diferenças entre as camadas de cerne e alburno, sendo determinante à aplicação do uso da madeira.

Em alguns estudos, é possível verificar certa variação dos valores de densidade básica. Silva et al. (2015) e Susin (2018) obtiveram médias de 0,746 g.cm⁻³ e 0,76 g.cm⁻³ respectivamente, sendo estes, próximos ao resultado apresentado neste estudo. No entanto, Dutra et al. (2005) e Almeida (2013) alcançaram resultados distintos e inferiores, de 0,71 g.cm⁻³ e 0,709 g.cm⁻³. Estes valores baixos para os estudos de Dutra et al. (2005) e Almeida (2013) fazem com que a classificação da madeira seja de média densidade, o que vai contra muitas literaturas que definem a *A. leicointei* Ducke como sendo madeira de alta densidade. Um dos fatores que podem influenciar no momento da análise seria a obtenção das amostras, já que, como foi possível verificar neste estudo, o alburno possui menor densidade que o cerne da madeira.

Trugilho et al., (1996) comenta que a densidade é uma característica resultante da interação entre as propriedades químicas e anatômicas da madeira. No estudo realizado por Reis et al., (2014), observou-se que as espécies com os vasos solitários e de distribuição difusa (características anatômicas também identificadas para a madeira de *A. leicointei* Ducke), provavelmente é um dos fatores que conferem a dureza nas espécies florestais. Além disso, a densidade ocasiona o aumento da espessura da parede celular e a diminuição da largura das células (TRUGILHO et al., 1996).

A densidade básica também possui uma relação inversamente proporcional à umidade presente na madeira (FOELKEL; BRASIL; BARRICHELO, 1971). Assim, quanto maior a densidade, menor será o teor de umidade da madeira. Sendo esta relação confirmada nas análises realizadas para a madeira da espécie de *A. lecointei* Ducke, que obteve um teor de umidade igual a 5,65%. Tal resultado foi baixo quando comparamos a outros estudos que obtiveram valores a partir de 6,83% até 12,2% para a mesma madeira (GONÇALVES et al., 2015; ALMEIDA, 2013).

Para os valores de contração da madeira, a região do alburno possui maior variação tangencial e radial que o cerne da madeira. No entanto, o coeficiente de anisotropia da madeira, foi menor no alburno, caracterizando maior estabilidade dimensional.

Para realizar comparações com outros estudos, foram utilizados os valores obtidos para as amostras do cerne da madeira *A. lecointei* Ducke. Almeida (2013) obteve resultados de retratibilidade tangencial (6,05%) e radial (3,13%) inferiores aos encontrados neste estudo, enquanto que o coeficiente anisotrópico (1,95%) foi superior. Para Silva et al. (2015), o valor de retratibilidade tangencial (5,17%) foi menor, o valor da retratibilidade radial foi bastante próximo (4,3%), resultando em um coeficiente anisotrópico baixo, de 1,2%. Enquanto que Susin (2018), apresentou apenas o valor de retratibilidade radial próximo ao encontrado neste estudo para madeira de *A. lecointei* Ducke, igual 4,27%, no entanto, os valores de retração tangencial (7,99%) e sua anisotropia (1,91%), apresentaram-se com valores altos. De acordo com levantamentos bibliográficos realizado por Almeida (2013), a madeira de muiracatiara pode apresentar valores anisotrópicos variando entre 1,65% a 1,88%.

Os diferentes resultados encontrados na literatura podem ser explicados pela obtenção das amostras utilizadas para determinação das propriedades físicas considerando a posição longitudinal e radial no fuste, como também a região no qual foram coletadas.

Durlo e Marchiori (1992) citado por Susin (2018), mostram que através do coeficiente de anisotropia, é possível realizar uma classificação da madeira como de excelente qualidade (coeficiente de anisotropia entre 1,2 a 1,5), normal

(coeficiente de anisotropia entre 1,6 e 1,9) e de baixa qualidade (coeficiente de anisotropia acima de 2,0).

Assim, foi possível classificar a madeira de *A. lecointei* como excelente, podendo esta ser aplicada em diversos seguimentos madeireiros. Porém, Almeida (2013) afirma que o coeficiente de anisotropia não deve ser utilizado isoladamente para determinar a adequação da madeira para determinado uso, mas sim, em conjunto com outras propriedades, podendo ser de grande valia na identificação de matérias primas de qualidade.

5.3. Desdobro e rendimento volumétrico das toras de madeira

As toras foram numeradas em 01 e 02 para a obtenção de seus volumes por meio da cubagem rigorosa pelo método de Smalian (Figura 32). A tora 01 possuiu menor diâmetro de oco em uma das suas extremidades, como mostrado na Figura 36, apresentando assim, maior volume em madeira entre as duas toras, igual a 1,2856 m³, enquanto que a tora 02, obteve um volume de 1,1281 m³. Desta forma, o volume de madeira para as duas toras foi igual a 2,14 m³.

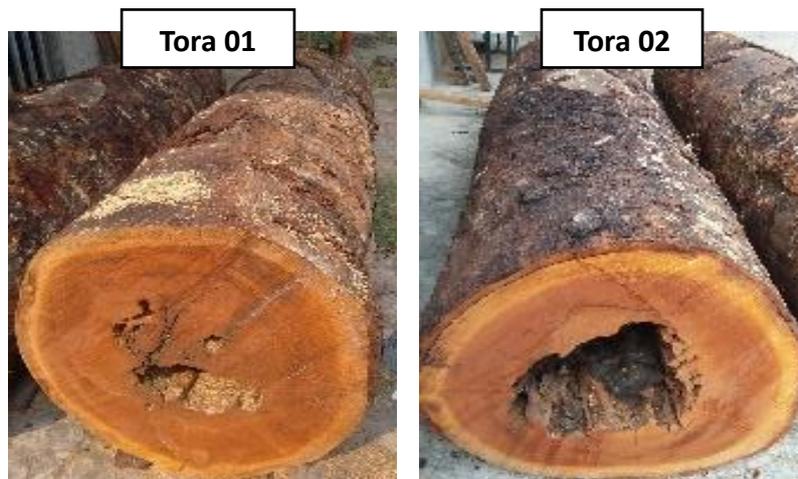


Figura 32. Demonstração das duas toras de madeira utilizadas na pesquisa. **Fonte:** Próprio Autor.

De acordo com o engenheiro Marcos Souza⁴ o desdobramento das toras ocas na empresa só é realizado mediante a largura do cerne a partir de 30 cm, sendo medidas inferiores a esta, inviável economicamente para empresa. Com isto, as toras ocas não desdobradas são classificadas como resíduos florestais e assim, direcionadas às caldeiras para serem utilizadas como combustível para a geração de energia.

⁴ Conversa informal: Engenheiro florestal da empresa *Precious Woods Amazon Ltda.*

Com base nos dados da Tabela 6, pode-se afirmar que as duas toras ocas não seriam processadas na empresa, já que estas possuíam uma espessura de cerne menor que o aceitável para o seu desdobro.

Tabela 6. Medidas obtidas da cubagem rigorosa para as duas toras ocas.

	ℓ	Base		Topo		Volume real da tora
		D1	D2	D3	D4	
Tora 01						
Tora	3	0,81	0,81	0,78	0,78	1,29 m ³
Oco	3	0,29	0,15	0,345	0,36	
Tora 02						
Tora	3,05	0,79	0,78	0,71	0,79	1,13 m ³
Oco	3,05	0,3	0,395	0,24	0,44	
Volume Total de madeira						2,42 m ³

As peças obtidas tiveram dimensionamentos médios de comprimento igual a 3 metros, e largura e espessura iguais a 20 cm e 5 cm, respectivamente. Muitas das peças, principalmente as próximas ao oco, apresentavam alto nível de degradação da madeira.

De acordo com Medeiros (2013), a presença de oco e lesões pode ser apontada como uma das razões para o baixo rendimento do manejo em florestas nativas, já que muitas das espécies que apresentaram indivíduos ocos (tópico 5.1) possuem alto valor comercial ou estratégico no setor madeireiro, sendo necessário o desdobramento dessas para suprir a demanda do volume de madeira na região. Para isto, foram acompanhados os processos para maior rendimento volumétrico de duas toras ocas, visando proporcionar a viabilidade de utilização destas no setor produtivo.

5.3.1. Confecção dos produtos

Para o Microempresário da cidade de Manacapuru – AM, foram definidos a confecção dos seguintes produtos: mesa retangular (2), cadeira (5) e banco (3) e doadas peças de madeira necessárias para o desenvolvimento desses. Estes produtos foram desenvolvidos na serraria do próprio marceneiro, com cerca de 1,0 m³ de peças de madeira deste projeto, transportadas em caminhão baú do LEAM até a serraria.

Para o desenvolvimento das peças dos produtos, as máquinas utilizadas foram: serra fita e circular para a realizar o destopamento e redução do

dimensionamento das peças; plaina desempenadeira e desengrossadeira, visando o desbaste e alisamento da superfície da madeira; tupia com fresa para realizar o arredondamento dos cantos de algumas peças; lixadeiras e furadeira horizontal.

Mesa retangular

As duas mesas foram confeccionadas com as mesmas medidas. O tampo da mesa possuiu medidas de comprimento e largura igual a 1,40 m x 0,8 m, respectivamente. A parte central do tampo recebeu 0,6641 m² de vidro, enquanto que as partes externas do tampo, feitas de madeira, receberam em seu lado interior, um pequeno desbaste para o encaixe do vidro. O tampo tem no total quatro peças, que receberam ligações do tipo espiga (macho-fêmea), sendo a abertura realizada por uma furadeira lateral e o encaixe deste, feito com serra circular e serra de mão; para garantir firmeza entre as peças, utilizou-se também o adesivo PVA de madeira entre as ligações. As pernas da mesa foram cortadas em formato L, ligadas ao esquadro da mesa (estrutura que suporta o tampo) da mesma forma que foi realizada a ligação do tampo da mesa, do tipo espiga e utilizando o adesivo PVA (Figura 33).



Figura 33. a. furadeira horizontal para ligação espiga; b. serra de mão para realização da ligação espiga; c. estrutura da peça de madeira para o encaixe da ligação espiga; d. encaixe entre as ligações; e. perna da mesa em formato L; f. ligações entre a perna e o esquadro da mesa. **Fonte:** Próprio Autor.

O resultado final da mesa retangular está demonstrado na Figura 34. Cada mesa retangular teve um volume de madeira igual a 0,0821 m³, sendo a volumetria total para as duas mesas igual 0,1643 m³. Mostra-se assim que, com

a confecção das duas mesas foi utilizado cerca de 15,35% do total de madeira destinada a este especialista.



Figura 34. Mesa retangular. **Fonte:** Próprio Autor.

Cadeiras Ripadas

As cadeiras foram idealizadas a partir de um modelo pronto, anteriormente confeccionado pelo marceneiro, contendo algumas modificações. A denominação destas cadeiras foi feita pelo próprio marceneiro, que por meio da realização do aproveitamento de resíduos como “pequenas ripas” de madeira, desenvolveu tal produto. As peças também tiveram ligação tipo espiga (macho-fêmea), adesivo PVA. Além disso, como as medidas da maioria das peças eram pequenas, foi necessário a utilização de pregos. No entanto, conforme o prego fosse inserido na madeira, ocorreram pequenas rachaduras na madeira, desta forma, o especialista optou primeiramente pela perfuração com broca, seguida da inserção do prego na madeira. A utilização do prego ocorreu nas junções do aro com as pernas, como também, para as ripas do assento das cadeiras. Para o encosto, todas as junções das peças, assim como, as ripas, foram apenas coladas com adesivo PVA. A Figura 35 mostra como foi desenvolvida a confecção da cadeira ripada.



Figura 35. a. Tupia fazendo uma abertura de encaixe; b. fresa realizando o arredondamento da borda da peça; c. Utilização de adesivo PVA; d. confecção do aro; e. perfuração com furadeira elétrica para colocação do prego; f. perfuração com furadeira para colocação dos pregos nas ripas do assento; g. moldando o encosto da cadeira; h. curvatura da cadeira, feita com serra fita de mão, i- utilização de pó de serra coladas em cima da cabeça do prego. **Fonte:** Próprio Autor.

O resultado final das cadeiras ripadas pode ser visualizado na Figura 36, onde cada cadeira possui um volume total de madeira igual a $0,0127 \text{ m}^3$. As cinco cadeiras tiveram um volume de $0,0634 \text{ m}^3$, resultando em 6,34% do total de madeira disponibilizada ao especialista.



Figura 36. Cadeiras ripadas. **Fonte:** Próprio Autor.

Banco

O modelo do banco de madeira escolhido para confecção, foi criado pelo próprio marceneiro, que já o reproduzia sob encomenda em sua serraria. Todas

as peças foram obtidas utilizando a serra fita e circular, plaina, desgrossadeira, tupia com fresa e por fim, a lixa e verniz para acabamento. Foram utilizados parafusos para a ligação do assento e das pernas.

Para o desenvolvimento dos bancos, o marceneiro escolheu algumas peças de madeira deterioradas por besouros broqueadores, mostrando que, além de serem peças únicas, o produto ganha uma distinção e beleza diferenciada no setor moveleiro. Isto mostra a grande valorização dos produtos que normalmente são desprezados nas serrarias por possuírem tais “defeitos” (Figura 37).



Figura 37. Banco de madeira, com presença de cavidades ocasionadas por organismos xilófagos. **Fonte:** Próprio Autor.

A volumetria calculada para cada banco foi igual a $0,0070 \text{ m}^3$, totalizando um volume de $0,0209 \text{ m}^3$ de madeira para os 3 bancos confeccionados. Este volume, caracteriza um rendimento de 2,09%.

Charango

O segundo especialista que utilizou madeira deste projeto foi um Luthier da cidade de Manaus, que confeccionou dois instrumentos regionais de corda, conhecidos popularmente como charango. Este instrumento possui 10 cordas, e originalmente era confeccionado com a carapaça de tatu, no entanto, devido a preocupações ambientais e questões de durabilidade, atualmente os charangos são feitos de madeira.

Para o desenvolvimento dos dois instrumentos foram utilizados cerca de $0,06 \text{ m}^3$ de madeira, equivalente a uma tábua de madeira ($3,05 \text{ m} \times 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$). A madeira de *A. lecointei* Ducke utilizada neste projeto, possui alta densidade, sendo empregada para compor as partes do corpo (fundo e lateral),

braço e pala. As madeiras utilizadas para a parte do tampo e escala, foram de baixa densidade, necessário para o alcance ideal da sonoridade do instrumento.

No desenvolvimento dos charangos utilizou-se o espaço físico do Laboratório de Engenharia e Artefatos de Madeira/INPA, sendo os produtos confeccionados nos seguintes maquinários: serra fita e circular, plaina desempenadeira e desengrossadeira, furadeira horizontal e vertical. Para o acabamento, as peças foram lixadas e envernizadas (verniz PU bi-componente), recebendo um fino acabamento, resultando numa superfície lisa lustrosa, valorizando o produto. A Figura 38 mostra os processos de desenvolvimento dos dois charangos, enquanto que na Figura 38 é possível visualizar o resultado final destes.

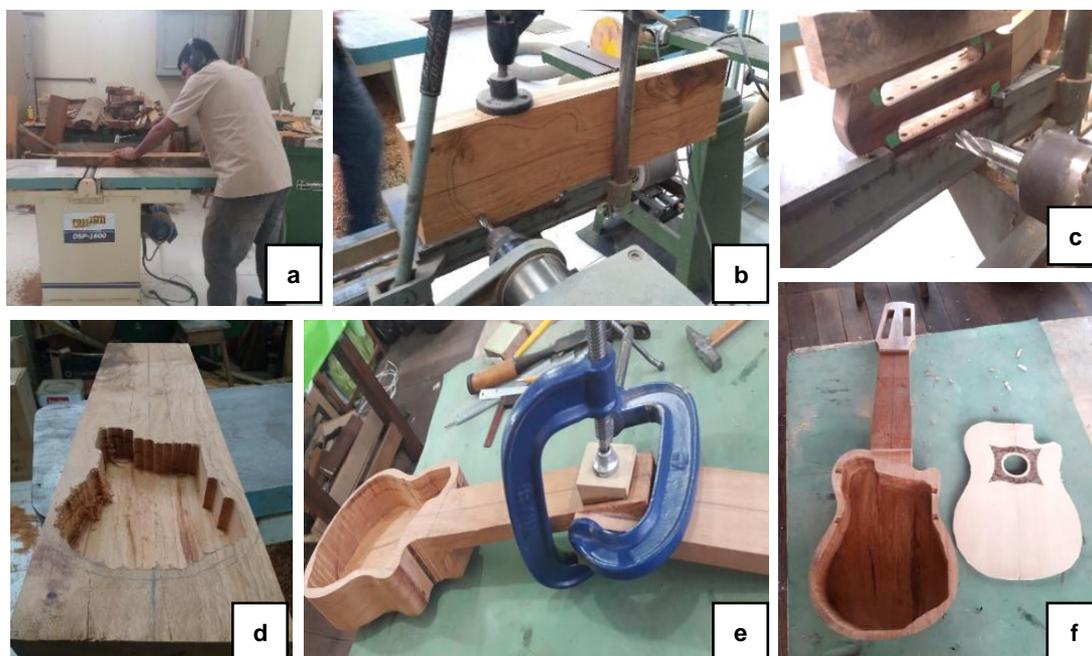


Figura 38. Processos de desenvolvimento dos instrumentos musicais. **a.** Peças sendo plainadas; **b.** molde desenhado na peça de madeira, sendo esta preparada para o início da perfuração; **c.** furadeira no final do braço do charango; **d.** demonstração da caixa (fundo e lateral) após a perfuração; **e.** encaixe do braço com a mão do violão sendo coladas com adesivo específico; **f.** charango pronto para serem encaixadas as peças de madeiras diferentes. **Fonte:** Próprio Autor.

O volume de madeira da espécie *A. lecointei* utilizada para cada instrumento foi igual a 0,06 m³, sendo o volume total para os dois charangos igual a 0,0068 m³. Este volume equivale a 11,39% do volume total de madeira destinada ao especialista para a confecção dos dois instrumentos.



Figura 39. Charangos confeccionados a partir de madeira de toras ocas. **Fonte:** Próprio Autor.

Em um dos charangos, foi possível verificar a presença de uma cavidade feita por xilófagos, característico de um besouro broqueador. A cavidade foi revestida por uma resina incolor, que não teve qualquer tipo de influência na sonoridade do instrumento, mostrando assim, que a madeira, mesmo não apresentando uma vitalidade que geralmente é exigida no mercado, pode integrar-se positivamente a várias áreas do setor madeireiro. Assim os principais aspectos que essa integração pode influenciar é no maior rendimento volumétrico de madeiras amazônicas, dar um diferencial aos produtos e a originalidade das peças de madeira que possuem tais características.

Mesa triangular

O outro especialista que colaborou neste projeto foi uma designer, que projetou uma mesa com 6 lugares, a partir de desenhos com vistas gerais e perspectivas, com medidas e ângulos orientados. A execução deste produto foi realizada por um Luthier no espaço físico do LEAM/INPA. As máquinas utilizadas foram: serra fita e circular, plaina desempenadeira e desengrossadeira, furadeira horizontal e vertical, tupa manual e lixadeiras (disco, rolo e elétrica manual).

Quanto as ligações das peças, para o tampo da mesa foram feitas do tipo espiga (macho-fêmea), nas pernas da mesa foi realizado um encaixe com uma

peça de madeira auxiliar, seguindo internamente o seu comprimento e, para a junção do esquadro do tampo com as pernas de madeira foram utilizados pregos metálicos. No intuito estético, foi realizada marchetaria no tampo com madeira branca, conhecida popularmente como Marupá (Figura 40).



Figura 40. Processo de confecção da mesa. **a.** peças sendo processadas em serra circular. **b.** Colagem das peças de marchetaria para o tampo. **c.** peça do tampo sendo redimensionada, conforme medidas projetadas. **d.** furadeira horizontal realizando furo lateral para ligação das peças, **e-** ligações do tipo espiga, **f.** inclinação do corte nas peças da perna da mesa, **g.** ligação para junção entre as peças da perna da mesa. **Fonte:** Próprio Autor.

Nas peças utilizadas para a confecção da mesa triangular, foi observado a presença de cavidades, possivelmente ocasionadas por insetos broqueadores. No entanto, estas cavidades não se tornaram um problema para a execução do produto, pois estas foram preenchidas com adesivo instantâneo e pó de serra, tornando-se assim, imperceptível após o resultado final.



Figura 41. Mesa triangular de seis lugares. **Fonte:** Próprio Autor.

O volume disponibilizado para a confecção da mesa triangular foi igual a 0,1799 m³. Após a finalização do produto e obtenção das medidas, o volume calculado para a mesa triangular foi igual a 0,0542 m³, equivalente a 30,13% do valor inicial de madeira doado ao especialista.

Peças reaproveitadas

Foram feitos dois tipos de produtos do reaproveitamento de peças de madeira. Um dos produtos foi confeccionado pelo marceneiro da cidade de Manacapuru – AM, reaproveitando a parte mais externa da madeira, a casca. Este produto pode ser visualizado na Figura 42, e trata-se de quadro de parede com medidas de 20 cm x 24 cm e 14,5 cm x 81 cm.

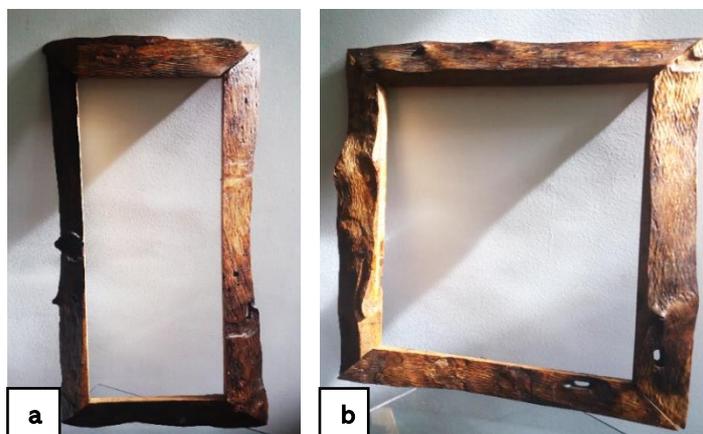


Figura 42. Molduras confeccionadas a partir da casca da árvore. **Fonte:** Próprio Autor.

O outro produto foi feito pelo *Luthier* reutilizando peças retiradas do tampo da mesa triangular, citada anteriormente. As peças foram obtidas da parte mais externa do tampo, com a presença da marchetaria utilizada no processo da mesa. O produto escolhido para a utilização das peças foi uma luminária de mesa, criada pelo *Luthier*, onde o resultado final é demonstrado na Figura 43.



Figura 43. Luminária feita de peças reaproveitadas da mesa triangular para 6 lugares. **Fonte:** Próprio Autor.

Grau de Satisfação no uso da madeira

Os especialistas que utilizaram madeiras provenientes de toras ocas, não relataram quaisquer dificuldades durante o processamento para a confecção dos produtos, sendo que as peças deterioradas por xilófagos foram valorizadas por tal característica, já que possuem um design exclusivo, sem necessidade de entalho ou outra técnica de confecção.

5.3.2. Rendimento volumétrico

O coeficiente de rendimento volumétrico foi calculado a partir do volume das peças de cada produto realizado neste projeto, sendo estes detalhados de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7. Resumo da volumetria dos produtos juntamente com o rendimento volumétrico realizado para cada especialista que contribuiu com o projeto.

Especialista	Produto	Quant. (un)	Vol./ produto (m ³)	Vol. total (m ³)	CRV (%)
Marceneiro	mesa 4 lugares	2	0,0821	0,1643	
	cadeira ripada	5	0,0127	0,0634	24,86
	banco	3	0,0070	0,0209	
<i>Luthier</i>	charango	2	0,0034	0,0068	11,39
Designer, <i>Luthier</i>	mesa 6 lugares	1	0,0542	0,0542	30,13

Obs: **Quant.**= quantidade de produto, **Vol**= Volumetria, **CRV**= Coeficiente de Rendimento Volumétrico.

No entanto, não foram utilizadas todas as peças de madeira provenientes das duas toras ocas, tendo um volume de aproximadamente 1 m³ de madeira em estoque. Isto se deu pela grande proporção de peças desdobradas em perfeito estado qualitativo, como também, às peças aproveitadas com alto nível de degradação, já que o objetivo deste trabalho foi ocasionar o maior rendimento volumétrico.

Assim, o especialista em Marcenaria da cidade de Manacapuru, com aproximadamente 1 m³ de madeira disponibilizado para a confecção dos produtos, utilizou um total de 0,2486 m³ distribuídos na volumetria de 10 produtos, sendo o CRV próximo a 25%. Este especialista não utilizou todas as peças disponíveis para elaboração dos produtos, sobrando uma única peça de madeira de aproximadamente 2 m de comprimento e, 20 cm e 10 cm de largura e espessura, respectivamente. Notou-se ainda, que o trabalho na marcenaria foi realizada de forma artesanal, com a produção de móveis rústicos, que com a

falta de planejamento, gerou grande volume de resíduos e produtos contando um grande volume de madeira.

O *Luthier*, com um volume inicial de 0,06 m³ de madeira, obteve uma volumetria de 0,0068 m³ para a confecção de dois instrumentos musicais, caracterizando um rendimento de 11,39%. Este, que apesar do rendimento do volume do instrumento ser baixo, resultou num produto de alta valoração no mercado.

Enquanto que a mesa projetada pela designer, de um volume igual a 0,1799 m³ de madeira doada ao especialista, obteve a volumetria final do produto de aproximadamente 0,0542 m³, sendo o rendimento volumétrico igual a 30,13%. Este foi o maior rendimento obtido a partir da volumetria dos produtos, já que foi realizado um planejamento prévio na confecção das peças da mesa, com medidas e ângulos projetados, resultando num menor desperdício de madeira. Além disso, o rendimento proveniente do volume inicial de madeira foi maior do que o citado anteriormente, já que foram reaproveitadas algumas peças para a produção de uma luminária.

Em média, o rendimento volumétrico dos produtos foi de 22,12%. Ao somar todo o volume de madeira destinado aos especialistas, o rendimento total dos produtos confeccionados foi de 53,54%. No entanto, a variação do rendimento volumétrico dos produtos ficou entre 11,39 a 30,13%, sendo estes valores, abaixo do que atualmente a Resolução do CONAMA de nº 474/2016 exige para a madeira serrada.

No trabalho de Catunda (2017), realizando uma análise de rendimento na mesma empresa doadora da matéria prima deste projeto, verificou que o rendimento de madeira serrada foi igual a 25,82%, abaixo do que que a legislação regulamenta, sendo este valor confirmado pelos engenheiros responsáveis da empresa.

No trabalho de Oliveira et al. (2003), o rendimento volumétrico realizado em três serrarias, foram iguais a 74,67, 69,98 e 46,85% para a madeira serrada de *A. lecointei*, sendo estes valores superiores ao encontrado no estudo. Para Marchesan et al. (2018), o CRV da madeira de *A. lecointei* foi em média 33,99%. Isto mostra, que apesar dos indivíduos arbóreos desta espécie possuir uma alta

frequência de oco, em sua maioria, consegue-se obter um rendimento próximo, ou até mesmo superior ao que é exigido pelo CONAMA.

No entanto, é válido ressaltar que o rendimento volumétrico médio de 22,12% deste trabalho, foi em relação a volumetria dos produtos, e não do volume de madeira serrada, como normalmente é obtido o CRV em outros estudos. Isso foi feito, já que muitas das peças deterioradas por xilófagos foram aproveitadas no processo de confecção dos produtos.

A volumetria de madeira serrada foi algo contestável no momento da mensuração, já que foi realizado apenas o primeiro desdobro para as duas toras de madeira, onde nas extremidades das peças possuíam partes usualmente descartáveis nas serrarias, como a camada de casca e cerne deteriorado próximo ao oco, sendo estas estruturas de difícil mensuração. Com isto, para que o cálculo, referente ao rendimento volumétrico das peças de madeira serrada, não fosse submetido ao erro tendencioso, foi realizado apenas o CRV dos produtos confeccionados para este projeto.

5.3.3. Análise econômica para os produtos confeccionados com madeira de *A. lecointei* Ducke

O valor médio para o custo de exploração de madeira na empresa, desde o inventário florestal até a chegada das toras no pátio da serraria, é igual a 183,00 R\$/m³. O volume total das duas toras de madeiras foi equivalente a 2,42 m³, resultando assim, em um custo total de exploração entorno de 442,86 R\$.

Os custos do desdobro das duas toras de madeira, nas dependências do LEAM/INPA, foram calculados a partir de gastos administrativos (material utilizado, como: motosserra, óleo, gasolina, etc). Em relação a mão de obra e o preço da matéria prima, não foram inseridos aos custos totais, já que uma dessas foi doada ao projeto enquanto a outra, foram utilizados recursos da instituição onde foi desenvolvida a pesquisa. Assim, o custo total do desdobramento das duas toras ocas foi de R\$ 173,97. No entanto, se forem considerados os valores de exploração (matéria prima) com o custo de mão de obra (valor atual= R\$ 121,00), o valor ficaria entorno de R\$ 758,83. Atualmente, uma tora de madeira é vendida na empresa com um valor médio de R\$ 1.500,00, porém, acredita-se que as toras deste projeto possuiriam um valor menor que este, pelo fato destas apresentarem ocosidade.

Assim, o custo de produção unitária de madeira calculado para este projeto foi igual a 71,89 R\$/m³. Tal valor é bem distinto ao praticado atualmente pela empresa Mil Madeireira, que vende numa média de EUR 1.000,00 (aproximadamente igual a R\$ 4.327,36) o metro cúbico da madeira processada. Sabendo-se disto, foi realizado um comparativo entre a precificação dos produtos a partir dos custos de confecção pelo projeto e a real e atual valoração real da madeira, de acordo com empresa doadora da madeira. Para esta precificação, foram calculados os valores de custos juntamente com o volume de madeira do produto, sendo o resultado mostrado na Tabela 8.

Tabela 8. Precificação a partir dos custos de confecção dos produtos de madeira proveniente de toras ocas, da espécie de *A. lecointei*.

Produto	Projeto (R\$)	Mercado atual (R\$)
<i>Mesa para 6 lugares (triangular)</i>	755,64	3.735,18
<i>Mesa para 4 lugares</i>	205,065	960,34
<i>Cadeira Ripada</i>	-	154,96
<i>Banco</i>	-	140,44
<i>Charango</i>	344,00	1.108,71

Os valores descritos na tabela acima, referem-se aos custos totais, sem a aplicação de impostos. Para a precificação dos valores do projeto, não foram relacionados custos como: matéria prima, já que esta foi adquirida por meio de doação, e; mão de obra, pois os especialistas que realizaram os produtos se dispuseram a ajudar na confecção. Desta forma, os custos foram feitos a partir dos demais componentes que de alguma forma ocasionaram custos ao projeto. No caso dos produtos *cadeira ripada* e *banco*, não foram relacionados quaisquer tipo de gasto para a confecção destes. O instrumento musical teve custos referentes a outros componentes necessários para a sua estruturação, como as cordas, o tarraxo, o captador e os trastes. Já para as mesas (de 4 e 6 lugares), os gastos foram por conta do vidro central e, na mesa triangular, a aplicação do fino acabamento com mão de obra e material especializado.

Há diferença entre os valores do projeto e de mercado, pelo fato da atribuição dos preços referente à matéria prima, juntamente com a mão de obra. Apesar de parecer um valor alto, referem-se apenas aos custos, sem os valores de impostos e lucratividade. No caso da madeira, foi realizado o custo apenas sobre a volumetria do produto, porém, foi utilizado um volume maior passado por

todas as etapas de processamento até a finalização dos produtos. Um exemplo disto, foi a mesa triangular de 6 cadeiras, onde a volumetria do produto correspondeu a 30,31% do volume de madeira, ou seja, cerca de 0,1257 m³ (69,69%) também fizeram parte do processamento para geração do produto, devendo ser atribuído o valor total de madeira utilizado no processo. O valor da matéria prima será acrescido nos custos totais, no entanto, estimulasse assim, o maior aproveitamento da madeira, como foi a caso da mesa citada anteriormente, que das peças que sobraram, algumas foram reaproveitadas para a confecção de uma luminária.

Ao consultar os especialistas, foi perguntado a estimativa do valor de venda para cada produto confeccionado, visando comparar estes com o valor de mercado atual. Assim, os valores de venda pelos especialistas foram expostos de acordo com a Tabela 9.

Tabela 9. Precificação dos produtos de acordo com os especialistas que os confeccionaram.

Produto	Preço de venda (R\$)
<i>Mesa para 6 lugares (triangular)</i>	3.000,00
<i>Mesa para 4 lugares</i>	600,00
<i>Cadeira Ripada</i>	100,00
<i>Banco</i>	50,00
<i>Charango</i>	1.500,00

Os valores de venda propostos pelos especialistas foram abaixo do estimado quando comparado aos valores de custos de mercado atual. O único produto que o valor dos custos foram abaixo, foi o charango (instrumento musical), possuindo um crédito igual a R\$ 391,29. O produto que mais aproximou o valor de venda ao custo de mercado atual foi a *cadeira ripada*, com uma diferença de R\$ 54,96, e o produto que mais se distanciou entre os dois parâmetros, foi a Mesa para 6 lugares (triangular), com um saldo negativo de R\$ 735,18. Isto mostra a desvalorização dos produtos de madeira confeccionados na região, já que este configura-se um material de alta resistência, podendo ser aplicado em diversos seguimentos.

5.3.4. Geração de energia a partir da queima de madeira de A. lecointei Ducke

Ao realizar o cálculo para a obtenção da Energia a partir da queima de resíduos de madeira, proposto por Araújo (2003), o valor para 2,42 m³ (volume

total das duas toras ocas de madeira) foi igual a 4.806,2652 Kcal, correspondendo a 5,5897 kWh. O valor utilizado para o teor de umidade foi de 40% (intermédio entre o estado verde e o de equilíbrio com o ambiente) e o de densidade básica igual a 790 kg/m³ para a madeira da espécie *A. lecointei* Ducke. Atualmente, o valor da energia em kWh é de R\$ 0,941413 para a cidade de Manaus, este valor multiplicado a quantidade de energia gerada por um volume de 2,42 m³ de madeira, é equivalente a R\$ 5,26.

Ao comparar os valores obtidos para os custos de confecção dos produtos de madeira e o valor (com impostos) correspondente ao da geração de energia para o mesmo volume e espécie de madeira, é possível verificar uma diferença extremamente notória. Apesar dos custos em relação a geração de energia não serem apontados no tópico anterior, pode-se notar que para apresentar boa lucratividade com a queima de madeira, o volume de material queimado deve ser bem alto para sustentar tal atividade. No entanto, não se descarta a geração de energia proveniente de resíduos de madeira, já que esta atividade é um aproveitamento de peças que geralmente não possuem outras destinações nas serrarias da região amazônica.

5.3.5. Viabilidade econômica do estudo

Dentre os resultados da análise econômica para as madeiras de tora oca, foi adotada a forma de economia circular, já que a pesquisa teve como base extrair – produzir – valorizar, garantindo a sustentabilidade da utilização da matéria prima, diferentemente do modelo de economia linear, usualmente utilizado nas indústrias.

Para isto foram adotados princípios como o controle de recursos renováveis extraindo de forma consciente o utilizável para confecção dos produtos, a otimização do processo para maior rendimento possível da matéria prima e por fim, estimular a efetividade do processo por meio da sustentabilidade, excluindo os meios negativos, como a diminuição da geração de resíduos e o baixo rendimento proveniente de toras ocas.

Desta forma, a viabilidade da utilização de toras ocas para a produção de artefatos de madeira não é reforçado unicamente para a obtenção de peças com qualidade, como também, pelo aproveitamento da madeira deteriorada de origem certificada, produzindo peças exclusivas, esculpidas sem a necessidade

de usar profissionais de entalho, valorizando o produto em todos os sentidos, sem a necessidade de utilizar maquinário no seu processo de formação. Assim, destacam-se os produtos adquiridos da degradação de organismos xilófagos, na criação do artigo decorativo de mesa e luminária (Figura 44), tidos como peças únicas, agregando o real valor sobre o fuste de um indivíduo arbóreo.



Figura 44. Luminárias de mesa a partir de peças únicas obtidas a partir de toras ocas. **Fonte:** Próprio Autor.

6. Conclusão

As espécies arbóreas da Amazônia apresentam presença de oco, que ocorrem principalmente naquelas que possuem alta densidade básica da madeira.

É possível aumentar o rendimento volumétrico da madeira para espécies arbóreas da Amazônia mesmo que estas apresentem ocosidade no fuste, desde que o corte seja direcionado em sentido radial, para a confecção de produtos planejados antes do desdobro.

A madeira de *Astronium lecointei* Ducke possui propriedades tecnológicas apropriadas para a confecção de produtos de alto valor agregado.

A pesquisa desenvolvida a partir de madeira de tora oca mostra a possibilidade do manejo florestal ser sustentável na Amazônia, em razão do alto rendimento, maior que 50%, e dos produtos confeccionados no Município de Manacapuru e No Laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira – LEAM/INPA.

A utilização de madeira de tora oca é viável economicamente para a confecção de artefatos com fino acabamento (mesas, cadeiras, bancos, luminária, molduras e artigos utilitários com design exclusivos), tornando-os competitivos no mercado.

7. Recomendações

Apesar das árvores ocas não serem a maioria em áreas de floresta, foi observado que a cada 23,5 mil espécies arbóreas cerca de 6,2% (aproximadamente 1,5 mil árvores) apresentam ocosidade em seu fuste. O resultado do diagnóstico reforça a necessidade de implementação de um novo setor em empresas de grande porte, que trabalham com madeiras certificadas, para a produção de artefatos utilizando as madeiras em toda a sua essência, com seus defeitos estruturais que as tornam como peças exclusivas e diferenciadas.

Considerando os resultados positivos da pesquisa, seria importante propor uma mudança na legislação para tratar do beneficiamento de toras ocas, para que as mesmas não sejam utilizadas na produção de energia, a não ser as serragens produzidas durante o processamento mecânico da madeira, enquanto não é viabilizado outras pesquisas direcionadas para produção de painéis com as serragens.

8. Referencial Teórico

ABREU, Raimunda Liége Souza de et al. Avaliação de danos por insetos em toras estocadas em indústrias madeireiras de Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v. 26, n. 6, p.789-796, 03 dez. 2002.

ALMEIDA, Vanessa Coelho. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente - EGP**. 2013. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2013.

ALMEIDA, Vivian Barroso. **Impacto da ocorrência de oco no rendimento volumétrico e financeiro da colheita de madeira na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Pará**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2018.

AMARAL, Paulo et al. **Floresta para Sempre: um Manual para Produção de Madeira na Amazônia**. Belém, Pará: Imazon, 1998. 130 p.

ANDRADE, Marília Rosa *et al.* A compreensão dos estudantes sobre o conceito de economia circular e custeio do ciclo de vida: um estudo nos cursos de Ciências Contábeis e Administração. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, [S. l.], 2016. ENGEMA, 2016.

ARAÚJO, Ana Clara Caxito de. **Composição química monomérica da lignina da madeira de *Eucalyptus spp.* Para produção de carvão vegetal**. 2015. 86 p. Dissertação (Mestrado em Utilização da Madeira como Matéria- Prima) – Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2015.

ARAÚJO, Henrique José Borges de. **Aproveitamento de resíduos das indústrias de serrarias do Acre para fins energéticos**. 1º. ed. Rio Branco, Acre: EMBRAPA, 2003. 38 p.

AZEVEDO, Juliana Laboissière de. A economia circular aplicada no brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Rio de Janeiro, 2015. XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 13 e 14 de agosto de 2015, Rio de Janeiro.

BARROS, Ana Cristina; VERÍSSIMO, Adalberto. **A expansão madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará**. 2º. ed. Belém, Pará: Imazon, 2002. 166 p.

BERTI FILHO, Evôneo. Coleópteros de importância florestal: 1 - *Scolytidae*. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, São Paulo, n. 19, p. 39-43, dez. 1979.

BIASI, Cândido Pietro. **Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais**. 2005. 72 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2005.

BIASI, Cândido Pietro; ROCHA, Márcio Pereira da. Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais. **Floresta**, Curitiba, Paraná, v. 1, n. 37, p. 95-108, abr. 2007.

BRAND, Martha Andreia et al. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos em serraria através do balanço de materiais. **Revista Floresta**, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 247-259, jul. 2002.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, nº 411, de 6 de abril de 2016. Dispõe sobre os procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n 82, p. 74, 2 mai. 2016.

BRAZ, Rafael Leite et al. Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos. **Ciência da Madeira**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 127-137, set. 2014.

BRAZ, Rafael Leite et al. Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia – uma análise da cadeia produtiva. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 168-181, maio. 2014.

BRIANE, D.; DOAT, J. Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois. **Aixen-Provence: ÉDISUD**, 1985. 180 p.

BROWN, H. P.; PANSHIN, A. J.; FORSAITH, C. C. **Textbook of wood technology**. New York: McGraw-Hill, 1952. v. 2. 643 p.

BUFALINO, Lina et al. Caracterização química e energética para aproveitamento da madeira de costaneira e desbaste de cedro australiano. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 70, n. 32, p. 129-137, jun. 2012.

CABETE, Nadja Polyana Felizola; CABETE, Moises da Silva; DACOL, Silvana. Manejo florestal sustentável: o caso da Mil Madeiras Preciosas. **XXIX encontro nacional de engenharia de produção**, Salvador, BA, 2009.

CALONEGO, Fred Willians. **Efeito da termorreificação nas propriedades físicas, mecânicas e na resistência a fungos deterioradores da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2009. 163 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2009.

CATUNDA, Tatyane Pereira. **Benefício custo da produção de madeira**

beneficiada proveniente de manejo florestal sustentável no Amazonas. 2017. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

CLEMENT, Charles Roland; HIGUCHI, Niro. A floresta amazônica e o futuro do Brasil. **Ciência e Cultura (SBPC)**. V. 58, p. 44-49, 2006.

Confederação Nacional Da Indústria. **Economia Circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira.** Brasília: [s. n.], 2018.

CORASSA, Janaína de Nadai et al. Témitas Associados à Degradação de Cinco Espécies Florestais em Campo de Apodrecimento. [S.l.]: **Floresta e Ambiente**, 2014. 7 p.

COSTA, C.; VANIN, S. A.; CASARI-CHEN, S. A. **Larvas de Coleoptera do Brasil.** São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1988, 282 p.

COSTA, Joelma Araújo. **Classificação de madeiras da amazônia para composição de instrumento musical de corda por meio da técnica de excitação por impulso.** 2017. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Engenharia Florestal, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, 2017.

CREMONEZ, Victor Gonçalves. **Estufa solar para secagem de madeira serrada: Uso de placas planas fotovoltaicas.** 2016. 111 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2016.

CRISTALDO, Heloisa. **Amazônia perde 7.989 km² de floresta, maior desmatamento desde 2008.** IPAM. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-01>>. Acesso em: 13 jan. 2018.

DANIELLI, Filipe Eduardo et al. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de *Manilkara* spp. (Sapotaceae) em serraria do estado de Roraima, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 641-651, set. 2016.

DANIELLI, Filipe Eduardo. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de *manilkara* spp. (Sapotaceae) em serraria na nova fronteira madeireira do estado de Roraima, Brasil. 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional De Pesquisas Da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2013.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. Tecnologia da madeira: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p.

DUTRA, Reinaldo; NASCIMENTO, Suziane. Resíduos de indústria madeireira:

caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**, Edição número 5, jan. 2005.

ELEUTÉRIO, Ana Alice. **Wood decay in living trees in eastern Amazonia, Brazil**. 2011. 102 p. Thesis (doctorate in philosophy) – Faculty of Environmental Sciences, University of Florida, Florida, 2011.

EMMERT, Fabiano. **Combinação de dados de campo e métodos computacionais para o planejamento da exploração Florestal na Amazônia**. 2014. 190 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Departamento de Engenharia Florestal - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

FAN, Zhaofei et al. Distribution of cavity trees in midwestern old-growth and second-growth forests. **Canadian Journal of Forest Research**, Canada, v. 33, p. 1481-1494, jan. 2003.

FAO, Food And Agriculture Organization Of The United Nations. **Data and global figures of forest products**. [S.l.]: FAO, 2016. 20 p.

FARIAS, Leandro Leal. **Guia prático do manejo florestal em pequena escala no Amapá: roteiro para produção de madeira**. 22. ed. Manaus, Amazonas: IDESAM, 2016. 96 p.

FENGEL, Dietrich; WEGENER, Gerd. **Wood Chemistry, Ultrastructure and Reactions**. 1. ed. Berlin: [s.n.], 1989. 613 p.

Fernando da Silva Nunes; Mizaél Cirineu da Silva; Luan F. F. Silva; Jéssica Saravia da Costa et al. Rendimento e qualidade de toras de maçaranduba (*manilkara huberi* (ducke) chevalier) em uma serraria no município de moju-pa. in: anais do fórum de anatomistas de madeira da amazônia, 2017, Belém. **Anais eletrônicos...** Campinas, GALOÁ, 2018. Disponível em: <<https://proceedings.science/famazon/papers/rendimento-e-qualidade-de-toras-de-macaranduba-%28manilkara-huberi-%28ducke%29-chevalier%29-em-uma-serraria-no-municipio-de-moju>> Acesso em: 06 fev. 2019.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, v. 3, n. 2, p.65-74, 1971.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, v. 3, n. 2, p.65-74, 1971.

FONTES, Paulo José Prudente de. **Auto-suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento de resíduos**. 1994. 153 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Colombo, Paraná, 1994.

GONÇALVES, Bruna F. *et al.* Comparação entre briquetes produzidos a partir da serragem de *Astronium lecointei* Ducke (muiracatiara) e *Apuleia leiocarpa* (vogel) J.F. (GARAPEIRA). **Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia da madeira**, Belo Horizonte, 2015. II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira.

HANKS, L. Influence of the larval host plant on reproductive strategies of cerambycid beetles. **Annu. Rev. Entomol.** v. 44, p.483-505, 1999.

HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L. **Forest products and wood science: an introduction.** Iowa State University Press/AMES, 1996. 484p.

HIGUCHI, Niro *et al.* O mercado internacional de madeira tropical está à beira do colapso. **SBPN**, São Paulo, v.1-2, p. 33-41, 2006.

HOLLOWAY, Gillian *et al.* Cavity tree occurrence in hardwood forests of central Ontario. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], n. 239, p. 191-199, 2007.

HUBER, Christoph; COY, Martin. O setor florestal na amazônia no caminho para o desenvolvimento sustentável? O estudo de caso: polo madeireiro de SINOP/MT. In: VIII Seminário Internacional sobre desenvolvimento regional, 2017, Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul. **Territórios, Redes e Desenvolvimento Regional: Perspectivas e Desafios...** Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul: [s.n.], 2017. p. 1-16.

HUMMEL Antônio Carlos *et al.* **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados.** Belém: Imazon, 2010. Disponível em: <<http://www.imazon.org.br/publicacoes/livretos/a-atividademadeireira-na-amazonia-brasileira>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

HUMMEL, Antônio Carlos. **Projeto Apoio ao Manejo Florestal na Amazônia.** Livro da Secretaria Técnica. Manaus, Amazonas: MMA, 1997. p. 52-64.

IMAZON. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (janeiro 2019) SAD.** [S. l.], Jan 2019. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-janeiro-2019-sad/>. Acesso em: 21 mar. 2019.

ITTO, International Tropical Timber **Organization. Biennial review and assessment of the world timber situation 2015-2016.** [S.l.: s.n.], 2016. 224 p. Disponível em: <<http://www.itto.int>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída.** Curitiba: FUPEF, 2005.

IWAKIRI, Setsuo. **Classificação de Madeiras Tropicais Através do Método não Destrutivo.** 1982. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 1982.

IWAKIRI, Setsuo. Rendimento e condições de desdobro de 20 espécies de

madeiras da amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, Amazonas, p. 271-281, 1990.

JANKOWSKY, Ivaldo Pontes. Fundamentos de preservação de madeiras. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v. 11, p. 1-12, jun. 1990.

JANKOWSKY, Ivaldo Pontes. Fundamentos de secagem de madeiras. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v. 10, p. 1-13, jun. 1990.

JARA, E. R. P. O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil. São Paulo: **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, 1989. 6 p.

KLOCK, Umberto; ANDRADE, Alan Sulato de. **Química da madeira**. 4. ed. Curitiba, Paraná: [s.n.], 2013. 85 p.

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology II** – Wood based materials. New York: Springer-Verlag, 1975. 702 p.

KUMODE, Marina Mieko Nishidate. **Análise das causas da deterioração precoce dos postes de madeira tratada na ilha do mel**. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, CURITIBA, 2008.

LENTINI, Marco et al. **Fatos Florestais da Amazônia**. Belém, Pará: RL|2 Comunicação e Design, 2005. 140 p.

LENTINI, Marco; VERÍSSIMO, Adalberto; PEREIRA, Denys. A Expansão Madeireira na Amazônia. **O Estado da Amazônia - Imazon**, [S.l.], n. 2, p. 1-4, maio. 2005.

LIMA, Edson Alves de; ABDALA, Eros Michel; WENZEL, Adalberto Aparecido. **Influência da Umidade no Poder Calorífico Superior da Madeira**. Colombo, Paraná: EMBRAPA Florestas, 2008. 3 p.

LIMA, Edson Alves. **Alternativa para estimar o preço da madeira para energia**. Colombo, Paraná: EMBRAPA Florestas, 2010. 4 p.

LIMA, José Ricardo Araújo; SANTOS, Joaquim dos; HIGUCHI, Niro. Situação das indústrias madeireiras do estado do Amazonas em 2000. **Acta Amazônica**. V. 35, n. 2, p. 125-132, 2005.

LOREIRO, Arthur A. *et al.* **Essências Madeiras da Amazônia**. Manaus, Amazonas: MCT/INPA - CPPF, 2000.

LUZ, Beatriz et al. **Economia circular Holanda:Brasil - Da teoria à prática**. Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017.

MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira**. Informações sobre 90 espécies comerciais. Programa de desenvolvimento empresarial e tecnológico – SEBRAE/AM. 1ª ed. Manaus. 2000. 212p.

MARCHESAN, Raquel et al. Rendimento em madeira serrada de três espécies amazônicas para duas classes de qualidade. **Ciência da Madeira: Brazilian Journal of Wood Science**, Paraná, v. 9, n. 3, p.143-151, 17 set. 2018.

Martins, U. R. 1999. **Cerambycidae**. p. 125-132. In: Joly, C. A. & Bicudo, C. E. M. orgs. Biodiversidade do Estado de São Paulo. São Paulo, FAPESP. 1999. 279 p.

MARTINS, U. R. **Cerambycidae Su-Americanos (Coleoptera)**. Taxonomia. São Paulo: Sociedade Brasileira de Entomologia, 1997.

MDIC, **Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/noticias/3178-balanca-registra-us-1-5-bilhao-de-superavit-na-quarta-semana-de-marco>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

MEDEIROS, RÔMULO GEISEL SANTOS. **Avaliação do rendimento da madeira de árvores de floresta em pé por meio de metodologia não destrutiva**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Faculdade de Ciências Agrárias/UFAM, Manaus, Amazonas, 2013.

MELLO, Roberto Lecomte de. **Projetar em Madeira: Uma Nova Abordagem**. 2007. 198 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2007.

MELO, J. E.; CORADIM, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia. In: 6 CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1990, Campos do Jordao. **Congresso Florestal Brasileiro [...]**. [S. l.: s. n.], 1990.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa nº 5, de 11 de dezembro de 2006**. procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável-PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal. Brasil, 2006.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Manejo Florestal Sustentável**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/florestas/manejo-florestal-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

MONNÉ, M. A.; HOVORE, F. T. Checklist of the westem Hemisphere Carambycidae and Disteniidae (Coleoptera). Eeletronic version. 2005.

MORAIS, Sérgio Antônio Lemos de et al. Análise da madeira de Pinus oocarpa. Parte I - Estudos dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 461-470, 2005.

MOREIRA, José Mauro Magalhães Ávila Paz; LIMA, Edson Alves de; GOULART, Ives Clayton Gomes dos Reis. **Impacto do teor de umidade e da espécie florestal no custo da energia útil obtida a partir da queima da lenha**. Colombo, Paraná: EMBRAPA Florestas, 2012. 5 p.

MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Paraná: Universidade Federal do Paraná - Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2005.

MOURA, Rogério Goularte. **Coleobrocas (Insecta:Cleoptera) associadas à madeira de *Tectona grandis* Linn. f (Lamiaceae)**. 2007. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Silvicultura e Manejo Florestal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

MURARA JUNIOR, Mauro Itamar; ROCHA, Márcio Pereira da; TIMOFEICZYK JUNIOR, Romano. Rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. **Floresta**, Curitiba, Paraná, v. 35, n. 3, p. 473-483, dez. 2005.

OLIVEIRA JUNIOR, Euclides Fieri de. **Determinação das propriedades físicas e químicas da madeira de *Hevea brasiliensis* em relação ao painel de extração de látex**. 2011. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, A. M. F. et al. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S. Manual de preservação de madeiras. 2. ed. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, São Paulo, cap. 5, p.99-256. 1986.

OLIVEIRA, Antônio Donizette de et al. Viabilidade econômica de serrarias que processam madeira de florestas nativas – o caso do Município de Jarú, Estado de Rondônia. **Cerne**, Viçosa, Minas Gerais, v. 9, n. 1, p.001-015, 2003.

OLIVEIRA, Arlem Nascimento de; AMARAL, Iêda Leão do. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, Amazonas, v. 34, n. 1, p. 21-34, 2004.

PEREIRA, Denys et al. **Fatos Florestais da Amazônia**. Belém, Pará: Imazon, 2010. 126 p.

PEREIRA, Denys; LENTINI, Marco. **Guia SAMFLOR: Sistema de Apoio ao Manejo Florestal**. Belém, Pará: Imazon, 2010. 68 p.

PEREIRA, José Carlos Duarte et al. **Características da madeira de algumas espécies de Eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo, Paraná: EMBRAPA Florestas, 2000. 113 p.

QUIRINO, Waldir Ferreira et al. Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos. **Rede Nacional de Biomassa para Energia**, Viçosa, Minas

Gerais, v. 1, n. 2, p. 173-182, jan. 2004.

QUIRINO, Waldir Ferreira et al. PODER CALORÍFICO DA MADEIRA E DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS. **Rede Nacional de Biomassa Para Energia**, v. 1, n. 2, p.173-182, 2004.

Rayner, A.D.M., Boddy, L. **Fungal Decomposition of Wood: Its Biology and Ecology**. John Wiley & Sons Rib, Chichester. 1988.

REIS, Luciane Pereira et al. Caracterização anatômica de madeiras comercializadas como perna-manca nas estâncias de Altamira-PA. **Enciclopédia Biosfera: Centro científico Conhecer, Goiânia/GO**, v. 10, n. 19, p.463-479, dez. 2014.

ROCHA, Márcio Pereira da. **Biodegradação e preservação da madeira**. 7. ed. Curitiba, Paraná: FUPEF, 2001. 92 p. v. 1.

SCHWARZE, F. W. M. R., ENGELS, J. & Mattheck, C. **Fungal Strategies of Wood Decay in Trees**. Springer-Verlag, Berlin. 2000

SELLERS JR, T. Adhesive in the Wood Industry. *In*: PIZZI, A; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. New York: Marcel Dekker, 1994. Cap. 37.

SFB, Serviço Florestal Brasileiro; IMAZON, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Org.). **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. Belém, Pará: [s.n.], 2010. 20 p.

SILVA, Dimas Agostinho da et al. Avaliação das Propriedades Energéticas de Resíduos de Madeiras Tropicais com Uso da Espectroscopia NIR. **Floresta e Ambiente**, [S.l.], v. 21, n. 4, p. 261-568, dez. 2014.

SILVA, Liniker Fernandes da; SILVA, Márcio Lopes da; CORDEIRO, Sidney Araujo. Análise do mercado mundial de madeiras tropicais. **Revista de Política Agrícola**, [S.l.], n. 3, p. 48-54, set. 2012.

SILVA, Paula T. B. *et al.* Caracterização das propriedades físicas de madeiras comerciais de jatobá (*Hymenaea* spp.) e muiracatiara (*Astronium* spp.). *In*: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia da Madeira, 2015, Belo Horizonte. **II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira [...]**. Belo Horizonte: [s. n.], 2015.

SOUZA, Sandro Nogueira de. **Competitividade nas exportações brasileiras de madeiras tropicais**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2013.

SUSIN, Felipe. **Caracterização e secagem da madeira de 12 espécies Amazônicas**. 2018. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

TRUGILHO, Paulo Fernando; LIMA, José Tarcísio; MENDES, Lourival Marin. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, [S.l.], v. 2, n. 1, 1996.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: V. N. Reinold, 1991. 494 p.

UHL, Christopher et al. **Uma abordagem integrada de pesquisa sobre o manejo dos recursos naturais na Amazônia**. 7°. ed. Belém, Pará: Imazon, 1997. 30 p.

VIDAL, Jackson Marcelo et al. Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, v. 25, n. 1, p. 257-271, mar. 2015.

WIEDENHOEFT, Alex. **Structure and Function of Wood. IN: Wood handbook: Wood as an engineering material**. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010, 508p.

ZAU, M. D. L. et al. Avaliação das propriedades químicas, físicas e mecânica de painéis aglomerados produzidos com resíduo de madeira da Amazônia - Cumaru (*Dipteryx odorata*) e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Polímeros**, São Carlos, v. 24, n. 6, p.726-732, 2014.