



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**BRUNO FERNANDES VERAS**

**QUANTIFICAÇÃO DO RENDIMENTO EM VOLUME PARA LAMINAÇÃO DO  
PARICÁ (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) EM SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO PECUÁRIA E FLORESTA NO MUNICÍPIO DE ABEL  
FIGUEIREDO, PA**

**BELÉM**  
**2024**

**BRUNO FERNANDES VERAS**

**QUANTIFICAÇÃO DO RENDIMENTO EM VOLUME PARA LAMINAÇÃO DO  
PARICÁ (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) EM SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO PECUÁRIA E FLORESTA NO MUNICÍPIO DE ABEL  
FIGUEIREDO, PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Geroni Mendes Nascimento.

Coorientadora: Prof. Dra. Lina Bufalino;  
Dra. Qüinny Soares Rocha.

**BELÉM**

**2024**

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

---

V473q Veras, Bruno Fernandes  
QUANTIFICAÇÃO DO RENDIMENTO EM VOLUME PARA LAMINAÇÃO DO PARICÁ  
(Schizolobium parahyba var. amazonicum) EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO PECUÁRIA E  
FLORESTA NO MUNICÍPIO DE ABEL FIGUEIREDO, PA / Bruno Fernandes Veras. - 2024.  
55 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais  
(PPGCF), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia,  
Belém, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Geroni Mendes Nascimento

Coorientador: Profa. Dra. Lina Bufalino; Dra. Qüinny Soares Rocha.

1. Inventário Florestal. 2. Estudo do Fuste. 3. Painéis Laminados. I. Nascimento, Rodrigo  
Geroni Mendes, orient. II. Título

---

634.909811

CDD

**BRUNO FERNANDES VERAS**

**QUANTIFICAÇÃO DO RENDIMENTO EM VOLUME PARA LAMINAÇÃO DO  
PARICÁ (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) EM SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO PECUÁRIA E FLORESTA NO MUNICÍPIO DE ABEL  
FIGUEIREDO, PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Geroni Mendes Nascimento.  
Coorientador (a): Prof. Dra. Lina Bufalino;  
Dra. Quinny Soares Rocha.

Data da Aprovação: 30 de agosto de 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 MICHELLINY PINHEIRO DE MATOS BENTES  
Data: 01/10/2024 22:45:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dra. Michelliny Pinheiro de Matos Bentes**  
**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA**

Documento assinado digitalmente  
 WALMER BRUNO ROCHA MARTINS  
Data: 27/09/2024 10:55:19-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Walmer Bruno Rocha Martins**  
**Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA**

Documento assinado digitalmente  
 FRANCIMARY DA SILVA CARNEIRO  
Data: 26/09/2024 21:33:27-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dra. Francimary da Silva Carneiro**  
**Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ser a força que me guia. A minha família, em especial minha mãe Nilsa Fernandes que foi meu apoio em todos os momentos.

Agradeço ao proprietário da Fazenda Cinco Águas, o Sr, Félix, por disponibilizar sua propriedade para a realização da coleta de dados para a produção da dissertação. Agradeço ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF), e o seu corpo docente, discente e administrativo, ao Laboratório de Mensuração e Manejo do Recurso Florestal (LabFor).

Agradeço ao orientador Prof. Dr. Rodrigo Geroni, e as coorientadoras Profa. Dra. Lina Bufalino e Dra. Qüinny Rocha por suas orientações e apoio fornecido em todas as atividades. Reforço o agradecimento a Qüinny, por seu suporte e dedicação nas orientações, e aos integrantes do LabFor.

Agradeço a Prof.<sup>a</sup> Dra. Rosangela de Jesus, supervisora de estágio docente, a Joelma Lobo e Vânia Maria Fernandes por todo apoio fornecido.

Agradeço a todos que de alguma forma influenciaram para a finalização deste ciclo.

## RESUMO

O paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) é uma espécie promissora para uso em reflorestamento por apresentar rápido crescimento em altura e diâmetro. As características da sua madeira possibilitam o uso para diversos fins, com ênfase para a indústria de painéis. Como forma de maximizar e diversificar a produção, a madeira de um mesmo tronco pode ser destinada para mais de um segmento. Assim, objetivou-se ajustar e comparar diferentes equações de afilamento para determinar o volume e variedade de produtos, bem como o rendimento estimado em laminação em um plantio de paricá inserido à um sistema de integração Pecuária e Floresta (iPF). O estudo foi realizado em uma fazenda localizada no município de Abel Figueiredo, no sudeste do Pará. O plantio de paricá foi implantado em 50 ha, em sistema de cultivo de iPF. Uma parte do plantio foi implantada em janeiro de 2019, com espaçamento de 3,5 x 3,5 m, enquanto a outra em fevereiro de 2020, com espaçamento de 4 x 2 m entre as árvores. O inventário florestal foi realizado em 53 parcelas. Das 106 árvores cubadas, 50% dos dados coletados foram utilizados para ajuste e 50% para validação. Foram testadas três equações para estimar cada uma das seguintes variáveis dendrométricas: altura total, volume individual e afilamento. O coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa em porcentagem, critério de informação de Akaike, critério de informação Bayesiano e a distribuição gráfica dos resíduos foram utilizados como critérios para seleção do melhor modelo ajustado. A distribuição diamétrica da floresta foi modelada por meio da função probabilística de Weibull. Para o ajuste das relações hipsométrica, volumétrica e afilamento foram selecionados respectivamente os modelos de Stoffels e von Soest, Spurr e Schöepfer. O volume médio estimado do plantio foi de 121,24 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para um erro do inventário de 10,64%. Foi estimado para o primeiro estrato, um volume laminável de 49,9784 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para o sortimento de categoria 2, enquanto o segundo estrato apresentou 0,3918 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e 54,9313 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de sortimento 1 e 2, respectivamente. O terceiro estrato apresentou 8,1358 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e 156,5605 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de volume laminável para as categorias de sortimento 1 e 2. O rendimento médio estimado em laminação para toras de sortimento 1 foi 90,23% e 91,19% para o segundo e terceiro estrato. Para toras do sortimento 2 foi de 83,82%, 83,91% e 85,99% para o primeiro,

segundo e terceiro estrato, respectivamente. As funções de afilamento demonstraram ser uma alternativa para estimar o volume das árvores, dos multiprodutos e rendimento em laminação do paricá, evidenciando a viabilidade da implantação da espécie em sistema de iPF para fins comerciais na indústria de laminados.

**Palavras-chaves:** inventário florestal; estudo do fuste; painéis laminados.

## ABSTRACT

Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) is a promising species for use in reforestation because of its rapid growth in height and diameter. The characteristics of its wood allow it to be used for various purposes, with emphasis on the panel industry. As a way of maximizing and diversifying production, the wood from the same trunk can be used for more than one segment. The aim was therefore to adjust and compare different thinning equations to determine the volume and variety of products, as well as the estimated yield in lamination in a paricá plantation inserted into a livestock and forest integration system. The study was carried out on a farm located in the municipality of Abel Figueiredo, in the south-east of Pará. The paricá plantation was planted on 50 ha, in a Cattle-Forest Integration cropping system. Part of the forest was planted in January 2019, with a spacing of 3.5 x 3.5 m, while the other was planted in February 2020, with a spacing of 4 x 2 m between trees. The forest inventory was carried out on 53 500 m<sup>2</sup> circular plots, where the DBH of 2,461 trees was measured with a tapping machine, after which two trees from each plot were cubed non-destructively using the Criterion RD 1000 optical dendrometer. Of the 106 trees cubed, 50% of the data collected was used for adjustment and 50% for validation. Three equations were tested to estimate each of the following dendrometric variables: total height, individual volume and taper. The adjusted coefficient of determination, standard error of the estimate in percentage, Akaike information criterion, Bayesian information criterion and the graphical distribution of the residuals were used as criteria for selecting the best adjusted model. The forest's diametric distribution was modeled using the Weibull probability function. The Stoffels and von Soest, Spurr and Schöepfer models were selected to adjust the hypsometric, volumetric and tapering relationships, respectively. The estimated average volume of the plantation was 121.2374 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, for an inventory error of 10.64%. A rolling volume of 49.9784 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> was estimated for the first stratum for assortment category 2, while the second stratum showed 0.3918 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and 54.9313 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> for assortment categories 1 and 2, respectively. The third stratum had 8.1358 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and 156.5605 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of rollable volume for assortment categories 1 and 2. The estimated average rolling yield for sorting 1 logs was 90.23% and 91.19% for the second and third strata. For assortment 2 logs it was

83.82%, 83.91% and 85.99% for the first, second and third strata, respectively. The thinning functions proved to be an alternative for estimating the volume of trees, multiproducts and rolling yield of paricá, demonstrating the viability of implementing the species in an iPF system for commercial purposes in the laminate industry.

**Keywords:** forest inventory; stem study; laminated panels.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da Fazenda Cinco Águas. ....	23
Figura 2 - Plantio de paricá consorciado à pecuária da fazenda Cinco Águas, no município de Abel Figueiredo - Pará. ....	24
Figura 3 - Coleta de dados pela equipe de campo A e B. ....	26
Figura 4 - Implantação de piquete e marcação do DAP, para realização da cubagem.....	27
Figura 5 - Características dos sortimentos. ....	30
Figura 6 - Distribuição gráfica dos resíduos dos modelos analisados. ....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos estratos do plantio de Paricá ( <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> ).....	25
Tabela 2 - Modelos hipsométricos, volumétricos, afilamento e de Weibull ajustados.....	28
Tabela 3 – Equações dos critérios de seleção dos modelos.....	29
Tabela 4 - Equações para determinação da produção em laminação. ....	31
Tabela 5 - Parâmetros de estimativas dos modelos hipsométricos, volumétricos e de afilamento ajustados.....	33
Tabela 6 - Critérios de seleção dos modelos hipsométricos ajustados. ....	35
Tabela 7 - Critérios de seleção dos modelos hipsométricos validados. ....	36
Tabela 8 - Critérios de seleção dos modelos volumétricos ajustados. ....	36
Tabela 9 - Critérios de seleção dos modelos volumétricos validados. ....	37
Tabela 10 - Critérios de seleção dos modelos de afilamento ajustados.....	37
Tabela 11 - Critérios de seleção dos modelos de afilamento para os dados de validação. ....	39
Tabela 12 - Resultados do inventário a partir do modelo de Schöepfer.....	39
Tabela 13 - Análise de variância dos estratos do plantio de paricá.....	40
Tabela 14 - Estimativas dos multiprodutos por hectare de acordo com o estrato. ....	43
Tabela 15 - Rendimento em laminação de toras de sortimento 1. ....	45
Tabela 16 - Rendimento em laminação de toras de sortimento 2. ....	46

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Paricá: características ecológicas e importância econômica</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2 Integração-lavoura-pecuária-floresta (iLPF)</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3 Metodologias de coleta de dados</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4 Rendimento de laminação</b> .....	<b>21</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
<b>3.1 Localização e caracterização da área de estudo</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2 Características do plantio de paricá</b> .....	<b>24</b>
<b>3.3 Instalação das parcelas</b> .....	<b>25</b>
<b>3.4 Coleta de dados</b> .....	<b>25</b>
<b>3.6 Processamento do inventário</b> .....	<b>27</b>
<b>3.7 Quantificação dos multiprodutos</b> .....	<b>29</b>
<b>3.7 Rendimento em laminação</b> .....	<b>30</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1 Ajuste e seleção dos modelos</b> .....	<b>32</b>
<b>4.2 Processamento do inventário</b> .....	<b>39</b>
<b>4.3 Quantificação dos multiprodutos</b> .....	<b>41</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A exploração não sustentável das florestas naturais tem gerado perdas consideráveis de cobertura florestal e da diversidade de espécies na Amazônia, incluindo aquelas que ainda não foram estudadas. Além disso, o número reduzido de plantios com espécies nativas, provoca um desequilíbrio entre a oferta e demanda de madeira no mercado interno e externo (Almeida *et al.*, 2013; Cordeiro *et al.*, 2015; Jardim; Quadros, 2016). Tal fato ocorre devido a diversidade de produtos fornecidos pela floresta que apresentam valor agregado para sua comercialização, como folhas, cascas, flores, frutos, raízes, e principalmente a madeira (Siviero *et al.*, 2020).

A indústria florestal tem avançado na utilização de madeira proveniente de florestas plantadas visando fornecer produtos substitutos das florestas nativas (Cordeiro *et al.*, 2015). Esses produtos podem ser comercializados “*in natura*” ou após serem transformados, a depender da finalidade. No Brasil, diversas espécies florestais são utilizadas para plantios comerciais e de reflorestamento, dentre as quais, o *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, vulgarmente conhecido como paricá, pertencente a família Fabaceae, tem se destacado por ser uma espécie nativa brasileira, com expressiva qualidade da sua madeira e rápido desenvolvimento em altura e diâmetro (Almeida *et al.*, 2013; Cordeiro *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2018; Ohashi *et al.*, 2010).

Em 2022, no Brasil, as florestas plantadas somavam 9.472.157 ha com diferentes espécies, distribuídos em 3.539 municípios, onde 77,3% eram equivalentes a plantios de eucalipto, 18,7% de pinus e 4% de outras espécies, evidenciando um crescimento aproximado de 14,2% em relação ao ano de 2013. Neste período o estado do Pará apresentou 199.460 ha de floresta plantada, indicando aumento aproximado de 510% em relação ao ano de 2013, ocupando a décima primeira posição entre os estados brasileiros com maiores áreas de cultivo de floresta plantada (IBGE, 2022).

Esses plantios são encontrados distribuídos em diferentes modalidades, como por exemplo, plantios homogêneos e em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e suas variações (Souza *et al.*, 2003). Em relação às diversas metodologias de cultivos, o iLPF tem ganhado notoriedade devido aos

seus diversos benefícios, relacionados a sustentabilidade e maximização de recursos (IBÁ, 2022). Esse sistema é caracterizado como um modelo de produção sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, em cultivos consorciados, com propósito de viabilizar a recuperação de áreas degradadas, rentabilidade e sustentabilidade ambiental (Brasil, 2013).

Esses sistemas proporcionam ao produtor e ao meio ambiente, benefícios a curto e longo prazo. Ao analisar o componente florestal do sistema com o intuito de avaliar a viabilidade econômica, algumas variáveis são consideradas essenciais, como o volume comercial e total do fuste, que podem ser estimados por equações de afilamento, além da quantidade e dimensão de toras de madeira e a classificação da produção (Costa *et al.*, 2016; Téó *et al.*, 2013). Objetivando o processamento dessa madeira na indústria de laminados, o melhor fator de forma, maior diâmetro de tora e menor rolo-resto são características que influenciam diretamente na produtividade (Silva *et al.*, 2015). Assim, observa-se que o cultivo do paricá tem ganhado destaque, proporcionando a geração de forma direta ou indireta de emprego e renda para o setor madeireiro de laminados, o que é bastante relevante na economia nacional e internacional, (Cordeiro *et al.*, 2009; Vieira *et al.*, 2012), evidenciando assim a importância dos estudos sobre a espécie.

Devido ao potencial produtivo e de utilização do paricá e o número reduzido de pesquisas sobre estudos de rendimento de laminação estimados via equações de afilamento para espécies florestais amazônicas, o objetivo dessa pesquisa foi ajustar e comparar diferentes equações de afilamento para determinar o volume e variedade de produtos madeireiros, bem como o rendimento de laminação em um plantio de paricá integrado a um sistema de Pecuária e Floresta.

**Questão científica:**

- As equações de afilamento ajustadas para plantios de paricá integrados a produção agropecuária podem ser utilizadas para prever quanto volume de madeira poderá ser comercializado na indústria de painéis?
- Podemos utilizar as equações de afilamento selecionadas para estimar o rendimento em laminação de toras de paricá em diferentes condições de manejo, dentro de um sistema integrado com atividades pecuárias?

**Hipóteses de pesquisa:**

- Entre as diversas equações de afilamento analisadas, espera-se que pelo menos uma delas forneça resultados precisos e acurados para estimar o volume comercial dos diferentes tipos de produtos ao longo do fuste de paricá bem como o rendimento de laminação dos diferentes sortimentos.

## **OBJETIVOS**

### **Geral:**

- Ajustar e comparar diferentes equações de afilamento para estimar o volume e variedade de produtos de madeira e o rendimento em laminação de um plantio de paricá integrado a um sistema de Pecuária e Floresta.

### **Específicos:**

- Ajustar e selecionar equações hipsométricas e volumétricas para estimação das variáveis dendrométricas de um plantio de paricá.
- Ajustar e selecionar equações de afilamento, tanto segmentadas quanto não segmentadas, para quantificação do volume e multiprodutos da madeira de um plantio de paricá para comercialização na indústria de painéis.
- Estimar o rendimento de laminação de toras de paricá em diferentes classes diamétricas e estratos produtivos de paricá em um sistema de produção IPF.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Paricá: características ecológicas e importância econômica

O paricá é uma espécie heliófila, intolerante a baixas temperaturas, classificada como pioneira de grande porte e de rápido crescimento (Carvalho, 2007). Sua altura varia de 15 a 40 metros e o diâmetro de 50 a 100 centímetros, apresentando um fuste reto e cilíndrico com pouca tortuosidade (Cordeiro *et al.*, 2020; Schwartz *et al.*, 2017). Dependendo do local de ocorrência, no Brasil ou em outros países, a espécie é conhecida por diferentes nomes vulgares, como guapuruvu-da-Amazônia, bandarria, paricá, entre outros (Carvalho, 2007).

A espécie apresenta ampla distribuição geográfica, sendo encontrada em países da América do Sul e Central. No Brasil, está presente nos estados do Acre, Amazonas, Mato Grosso, Pará e Rondônia (Cordeiro *et al.*, 2020). Observa-se sua ocorrência em mata primária de terra firme e várzea alta, assim como em florestas secundárias, formando capoeiras com grande dominância monoespecífica, sendo bastante utilizada para a produção de compensados (Souza *et al.*, 2003). A utilização do paricá em plantios comerciais ainda apresenta pouca atratividade para os produtores, devido à falta de estudos silviculturais relacionados a espécie em locais amazônicos (Gomes *et al.*, 2019). No entanto, devido às suas características, especialmente a qualidade da madeira e o rápido crescimento, a espécie se mostra promissora, podendo ser cultivada em diferentes sistemas como uma alternativa à outras espécies de plantios florestais (Cordeiro *et al.*, 2015; Ohashi *et al.*, 2010).

O paricá pode ser utilizado para diversos fins, destacando-se atualmente as indústrias de laminação e painéis laminados (Vieira *et al.*, 2012). Também pode ser utilizada para a produção de energia, brinquedos, caixotes leves e pesados, portas, embalagens de frutas, e obras internas na construção civil (Carvalho, 2007; Souza *et al.*, 2003). Em plantios de enriquecimento em clareiras e para produção de madeira, o uso da espécie é indicado devido à sua ótima taxa de sobrevivência e seu desenvolvimento (Gomes *et al.*, 2019; Marques *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2018).

## **2.2 Integração-lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**

O sistema de integração Lavoura, Pecuária e Floresta (iLPF) tem sido implantado no Brasil desde a década de 1970, visando reverter o processo de degradação dos solos. Em 2013, foi instituída pela lei Nº 12.805, a Política Nacional de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, que reforçou a temática com diversas informações, classificando o iLPF em quatro modalidades: Integração Lavoura – Pecuária ou Agropastoril; integração Lavoura-Pecuária-Floresta ou Agrossilvopastoril; integração Pecuária-Floresta ou Silvopastoril e integração Lavoura-Floresta ou Silvoagrícola (Brasil, 2013). A utilização de sistemas ILPF tem se difundido, por ser considerado uma tecnologia sustentável, atuando como mitigador de emissões de gases do efeito estufa (GEE) e promovendo a retenção de carbono na biomassa e no solo (Balbino *et al.*, 2011).

Os sistemas silvipastoris que consistem no consórcio de árvores, gado e pastagem na mesma área, geram benefícios para os componentes envolvidos (Frank; Furtado, 2001). Ao analisar o componente florestal desse sistema, é observado que este promove o sequestro de carbono, proporciona conforto térmico para os animais, e diversifica a produção com a comercialização de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros, além dos produtos pecuários (Silva *et al.*, 2021). No solo, observa-se, de modo geral, que características físicas são melhoradas nas camadas subsuperficiais como a densidade, porosidade (macro, micro e total), e os teores e estoques de carbono contribuindo para a recuperação de áreas degradadas, manutenção e reconstituição da cobertura florestal, ciclagem de nutrientes e biorremediação do solo (Balbino *et al.*, 2011; Sales *et al.*, 2018).

## **2.3 Metodologias de coleta de dados**

### **2.3.1 Cubagem**

Uma das etapas para realizar um manejo florestal, é a realização da mensuração florestal. Esta atividade é importante para o manejo, pois fornece informações precisas sobre a floresta e auxilia na tomada de decisões, além de possibilitar um planejamento mais adequado das atividades de gestão florestal

(Freitas; Wichert, 1998). O manejo objetiva aumentar a qualidade do produto desejado, sua dimensão e quantidade, observando aspectos sociais, econômicos e ambientais (Yoshitani Junior *et al.*, 2012). No inventário florestal, a mensuração pode ser realizada a partir de medidas diretas e indiretas, e para obtê-las, diversas tecnologias estão sendo utilizadas visando a otimização das atividades, como o uso de equipamentos eletrônicos para coleta de dados (Freitas; Wichert, 1998; Machado; Figueiredo Filho, 2014).

O volume das árvores é uma variável objeto nas atividades de inventário florestal, obtido a partir de outras variáveis de fácil obtenção. Com a necessidade de se obter o volume real, diferentes métodos foram criados por pesquisadores da área florestal (Machado; Figueiredo Filho, 2014). Um método bastante utilizado é o da cubagem rigorosa destrutiva, caracterizado por haver a derrubada das árvores, para realizar as medidas dos diâmetros em posições pré-estabelecidas ao longo do fuste (Curto *et al.*, 2019; Nicoletti *et al.*, 2015). Porém na impossibilidade de derrubada das árvores para a cubagem, podem ser utilizados outras metodologias e equipamentos que possibilitem a quantificação do volume de madeira sem a derrubada das árvores, objetivando obter as informações desejadas sem comprometer o desenvolvimento dos plantios (Cardoso; Ribaski, 2015).

O dendrômetro ótico Criterion RD 1000, é atualmente o equipamento a laser mais moderno, que realiza a leitura da altura da árvore e de diâmetros em qualquer segmento do fuste, para calcular o volume da árvore em pé com maior precisão (Cardoso; Ribaski, 2015; Curto *et al.*, 2019). Para obter os dados com a maior precisão possível, utilizando esse medidor, é necessário que o operador tenha um bom conhecimento do seu funcionamento, e que a coleta das medidas seja realizada por uma única pessoa (Curto *et al.*, 2019), em que com o auxílio de uma trena determine uma distância adequada entre o medidor e a árvore, sendo normalmente igual ou superior a projeção da altura da árvore, para realizar as medições com o dendrômetro apoiado em um monopé (Cardoso; Ribaski, 2015). Essas recomendações são necessárias para que os dados das variáveis de interesse sejam coletados com maior acuracidade.

### 2.3.2 Distribuição diamétrica

O estudo da distribuição diamétrica é uma ferramenta extremamente valiosa para entender a estrutura de uma floresta (Dalla Lana *et al.*, 2013), auxiliando na tomada de decisões em planos de manejo (Orellana *et al.*, 2017). Assim, as funções de densidade probabilísticas têm sido frequentemente utilizadas para analisar essa distribuição, possibilitando a determinação da estrutura diamétrica de uma floresta e a identificação de diferentes tipologias florestais (Cruz *et al.*, 2021). Nos estudos dessa distribuição, é comum o uso de diferentes funções e métodos para a predição dos parâmetros desejados (Orellana *et al.*, 2017). Quando associada a uma função de afilamento e de produção, a distribuição diamétrica permite a quantificação do sortimento de madeira e a estimativa da evolução dos sortimentos no povoamento florestal (Machado *et al.*, 1996).

Nas ciências florestais, diversas funções de distribuições probabilísticas podem ser utilizadas para descrever a distribuição diamétrica das florestas, como por exemplo a função Normal, Log-normal, Gama, Beta, SB de Johnson, Weibull e Weber (Dalla Lana *et al.*, 2013). Tais funções podem apresentar melhor desempenho, de acordo com a estrutura e características da floresta, de como os diâmetros estão distribuídos nos intervalos de classes e da metodologia escolhida (Machado *et al.*, 1996; Orellana *et al.*, 2017). O ajuste dessas funções propicia resultados que possibilitam a tomada de decisão e o controle das atividades na realização de um manejo mais eficiente, além de auxiliar na análise econômica da floresta e projeções futuras da produção (Binoti *et al.*, 2012; Limeira *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 1996; Orellana *et al.*, 2017).

Avaliando o crescimento em diâmetro do paricá em iLPF e monocultivo com diferentes idades, observa-se que maior crescimento médio em diâmetro está associado ao iLPF, devido as características do plantio (Silva; Sales, 2018). Ao ser implantado em sistemas agroflorestais, o paricá também apresentou maior crescimento em diâmetro quando comparado monocultivo e consorciado somente com outras espécies florestais (Cordeiro *et al.*, 2015). Essa dinâmica de crescimento em diâmetro pode estar relacionada a diversos fatores na área do plantio, no entanto, é observado que em sistemas iLPF há maior tendência de crescimento em diâmetro ser maior, influenciando na distribuição diamétrica do plantio.

### 2.3.3 Equações de afilamento

Nas últimas décadas, o avanço tecnológico provocou inúmeras mudanças na ciência florestal, levando diversos conceitos relacionados ao uso dos recursos florestais a serem revisados (Yoshitani Junior *et al.*, 2012). Como resultado, essas mudanças trouxeram uma nova perspectiva sobre a utilização e preservação das florestas (Siviero *et al.*, 2020). Dentre essas mudanças, os estudos sobre a modelagem de equações para estimar variáveis dendrométricas têm avançado tanto em florestas nativas quanto plantadas (Müller *et al.*, 2014). Tal fato, possibilita que os profissionais do setor florestal possam realizar uma previsão mais acurada da produção florestal, considerando diversas informações para a tomada de decisão, a partir do uso dos modelos matemáticos, (Yoshitani Junior *et al.*, 2012).

Os fustes das árvores apresentam formas variadas, que mudam de espécie para espécie, e entre indivíduos da mesma espécie, sendo necessário o uso dos modelos de afilamento que retratam a forma das árvores, demonstrando a variação diamétrica ao longo do fuste em função do diâmetro à altura do peito (DAP) e da altura total (Kohler *et al.*, 2013). As funções de afilamento são ferramentas matemáticas que se tornaram excelentes mecanismos para avaliar o povoamento florestal e as respostas obtidas após execução do manejo (Fischer *et al.*, 2001; Martínez-Angel *et al.*, 2019). Com o uso desses modelos, é possível obter estimativas precisas do diâmetro das árvores em qualquer ponto do fuste, a altura do fuste de acordo com um diâmetro limite especificado e o volume entre dois pontos quaisquer do fuste (Prodan, 1997).

Nas ciências florestais, equações de crescimento e produção de povoamentos florestais são ajustadas por regressão linear e não linear (Castro *et al.*, 2013). A utilização dessas equações na obtenção de informações do povoamento florestal é uma técnica válida, desde que realizada adequadamente, visando fornecer estimativas confiáveis de variáveis de difícil obtenção em inventários florestais (Melo *et al.*, 2017). O uso desses modelos, possibilitam a obtenção de estimativas mais precisas do volume comercial de plantios, ou seja, do estoque de madeira presente, promovendo uma análise do potencial produtivo da floresta, influenciando diretamente no planejamento da colheita,

otimização dos recursos florestais e auxiliando na determinação da rotação da floresta (Costa *et al.*, 2016; Ribeiro *et al.*, 2014; Téó *et al.*, 2013; Yoshitani Junior *et al.*, 2012).

Essas equações podem ser classificadas em segmentadas e não segmentadas. A primeira consiste no uso de subequações justapostas, no qual cada uma representa uma seção do fuste, enquanto a segunda, no uso de uma única equação para a seção total do fuste (Falavessa *et al.*, 2012). As equações mais simples tendem a descrever com menor precisão o perfil do fuste, enquanto as segmentadas, proporcionam estimativas com erros menores na extensão do fuste (Martínez-Angel *et al.*, 2019). Dentre as equações existentes, as não segmentadas de Hradezky (1976), Schöepfer (1966), Kozak *et al.* (1969) e segmentadas como o de Max e Burkhart (1976) e Clark *et al.* (1991), destacam-se por apresentarem resultados promissores para estimar o volume de madeira por sortimento, bem como o volume para laminação, laminação especial, serraria, celulose e energia (Falavessa *et al.*, 2012; Téó *et al.*, 2013; Téó *et al.*, 2018).

## 2.4 Rendimento de laminação

Ao analisar empresas florestais do setor de laminados, são observados problemas relacionados ao aproveitamento da madeira (Silva *et al.*, 2015). No Brasil, em 2022, foi registrado uma redução de 1,4% do volume na produção de madeira em tora para diversas finalidades, incluído a destinação para a indústria de painéis e laminados em relação ao ano anterior (IBGE, 2022). As indústrias do setor florestal, principalmente as de transformação primária, apresentam baixo rendimento durante o processo produtivo, ocasionando a geração de uma grande quantidade de resíduos, devido a fatores como a secagem, estocagem das toras e equipamentos inadequados (Abreu *et al.*, 2009; Brand *et al.*, 2022; Gerwing *et al.*, 2001; Vidaurre *et al.*, 2012), tornando-se necessário o uso de metodologias mais eficazes para melhorar rendimento da madeira (Abreu *et al.*, 2009). Tais informações demonstram a importância do conhecimento da cadeia produtiva do setor de laminados para a economia nacional.

Ao avaliar a utilização do paricá na indústria de laminados, é necessário o conhecimento das propriedades da sua madeira, para possibilitar a ampliação

do seu uso, e conseqüentemente aumentar o valor agregado desse produto (Modes *et al.*, 2020). Durante o processamento mecânico, observa-se um grande potencial da madeira do paricá, devido a facilidade de descascamento, rápida secagem, ausência de nós e a possibilidade de laminação em tornos laminadores sem a necessidade de pré-tratamento (Melo *et al.*, 2014). Verifica-se que variáveis como a idade e o diâmetro, influenciam diretamente no rendimento médio de laminação do paricá, equiparando-o a espécies tradicionais, como pinus e eucalipto (Silva *et al.*, 2015). Para o processamento da madeira de paricá, verifica-se o uso de um torno laminador com características específicas para a espécie, visando aumentar o rendimento de produção das lâminas, e a redução da geração dos resíduos, denominado de rolo central, rolo-resto ou rolete (Vidaurre *et al.*, 2012).

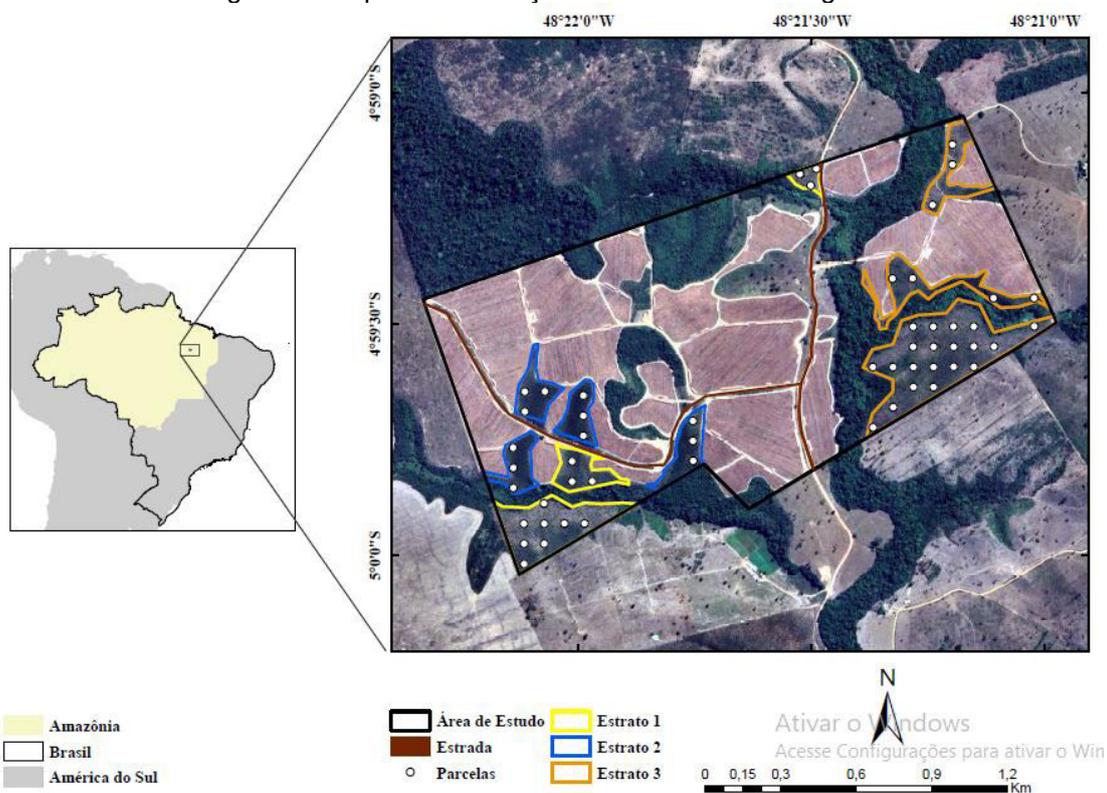
Os sortimentos devem ser estimados com uma maior precisão, aproximando-se ao valor real, pois influenciam diretamente na comercialização do produto. O volume pode ser obtido por meio de equações de sortimento a depender das especificações impostas pelo mercado, como para serraria, laminação, celulose e energia (Oliveira *et al.*, 2011). Para o mercado de laminação, há metodologias específicas para a determinação do rendimento e do volume laminado, em que por meio de fórmulas matemáticas, o volume e as perdas gerados na produção podem ser obtidos, possibilitando a determinação do rendimento (Silva *et al.*, 2015).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Localização e caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada na fazenda Cinco Águas, localizada no município de Abel Figueiredo, no sudeste do estado do Pará (Figura 1). O local é situado nas coordenadas  $05^{\circ} 21' 42''$  S E  $48^{\circ} 47' 36''$  W, a aproximadamente 9 km do centro da cidade. De acordo com o IBGE, o município tem uma área territorial de 614,131 km<sup>2</sup> e está inserido na mesorregião do sudeste paraense e microrregião de Paragominas, com acesso pela BR 222.

Figura 1 - Mapa de localização da Fazenda Cinco Águas.



O clima da região foi classificado como tropical úmido, do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, com temperatura média de 26,6 °C e umidade do ar anual de 82%. A precipitação média anual é de 2.057,8 mm, com dois períodos climáticos definidos: o menos chuvoso que vai de maio a outubro e o mais chuvoso de novembro a abril (Silva *et al.*, 2002).

No município observa-se a presença de gleissolos, neossolos flúvicos, argissolos vermelho-amarelo com presença de cascalho e concreções além da predominância de latossolos e argissolos amarelos, com textura argilosa a muito argilosa. A cobertura florestal do município é composta por duas formações florestais bem distintas, classificadas como floresta equatorial subperenefólia, com expressiva área de cobertura, e floresta equatorial higrófila de várzea, ou popularmente conhecida como mata-de-várzea, com reduzida área de cobertura.

A fazenda Cinco Águas tem uma área total de 254 ha, dos quais 170 ha são de cobertura florestal plantada para fins comerciais. Do total da área de plantio, cerca de 120 ha são referentes aos plantios de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) destinados para colheita para uma empresa privada, enquanto os 50 ha restantes de cobertura, são referentes ao plantio de paricá (Figura 2), que será destinado para comercialização na indústria de laminados.

Figura 2 - Plantio de paricá consorciado à pecuária da fazenda Cinco Águas, no município de Abel Figueiredo - Pará.



Fonte: LabFor (2023).

### 3.2 Características do plantio de paricá

O plantio de paricá foi implantado em um sistema de integração Pecuária e Floresta (iPF), dividido em dois plantios com idades diferentes. O primeiro

plântio foi realizado em janeiro de 2019, enquanto o segundo em fevereiro de 2020. O segundo plântio foi dividido em dois grupos, de acordo com a presença e ausência de gado na área plantada. O rebanho presente na área, era composto por 40 animais que não apresentavam raça definida, devido aos vários cruzamentos entre os indivíduos. A forrageira implantada na área era a espécie *Panicum maximum*, introduzida após 8 meses do preparo do solo. Essas características distintas do plântio, resultaram na divisão da área em 3 estratos (Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição dos estratos do plântio de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*).

Estrato	Mês/Ano plântio	Espaçamento (m)	Presença de gado
1	fev/20	4,0 x 2,0	Sim
2	fev/20	4,0 x 2,0	Não
3	jan/19	3,5 x 3,5	Sim

Fonte: O autor (2023).

### 3.3 Instalação das parcelas

Os dados analisados foram obtidos a partir da realização de um inventário florestal realizado na Fazenda Cinco Águas em dezembro de 2022. Levando em consideração a data de plântio e a de coleta dos dados, o plântio realizado em janeiro de 2019, tinha 47 meses de idade, enquanto o plântio realizado em fevereiro de 2020, tinha 34 meses.

O inventário foi realizado em duas etapas. A primeira consistiu na instalação das parcelas, medição de todos os diâmetros, e classificação do fuste. A segunda etapa foi uma subamostragem com a obtenção da altura e realização da cubagem não destrutiva das árvores em pé, utilizando o dendrômetro ótico Criterion RD 1000. O sistema de amostragem foi realizado com base na combinação de processamento sistemático e estratificado, com sistematização de parcelas em estágios e três estratos. Foram instaladas 53 parcelas circulares de área de 500 m<sup>2</sup> distribuídas ao longo de todo plântio de paricá.

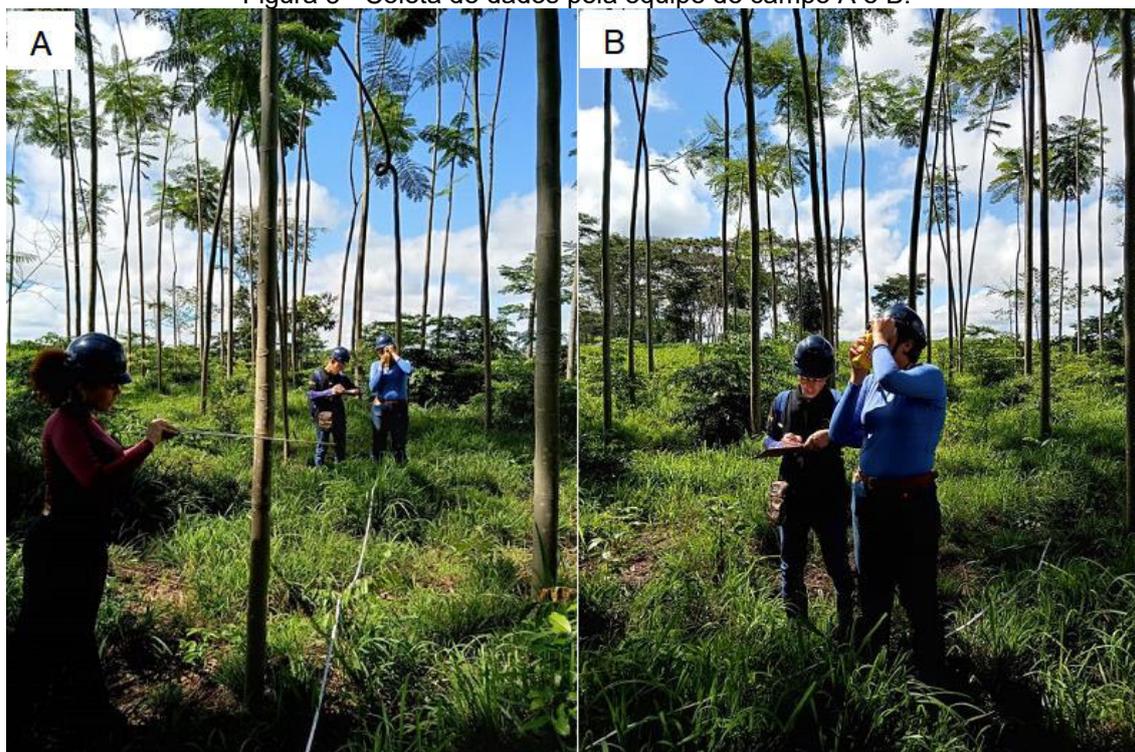
### 3.4 Coleta de dados

#### 3.4.1 Coleta dos dados de cada parcela

Para iniciar as atividades de coleta de dados, a primeira parcela mensurada foi determinada de maneira aleatória. Utilizou-se um GPS portátil (Garmin GPSmap 64x) para marcar a localização da parcela no seu ponto central. Nesse ponto, foi instalado um piquete, que serviu como referência para marcar o centro da parcela e facilitar a inclusão das árvores que estavam na parcela, possibilitando a coleta das variáveis de interesse.

As 4 árvores que estavam em volta do piquete foram marcadas com tinta na altura do DAP. A equipe era composta por 3 integrantes, em que o primeiro membro da equipe mediu a distância entre o centro da parcela e seu limite uma trena, indicando quais árvores seriam mensuradas além de realizar a limpeza da área ao redor de cada árvore, para facilitar a coleta das informações desejadas (Figura 3). O segundo integrante ficou responsável pela anotação e o terceiro pela medição do DAP, com o auxílio da suta.

Figura 3 - Coleta de dados pela equipe de campo A e B.



Fonte: LabFor (2023).

#### 3.4.2 Cubagem rigorosa não destrutiva

A cubagem rigorosa não destrutiva, de acordo com o método de Smalian, foi realizada com o dendrômetro Criterion RD 1000 montado no tripé KINGJOY

SF048. A metodologia de coleta consistiu na mensuração das árvores que se encontravam à esquerda do piquete central de cada parcela, orientadas de norte a sul, totalizando 106 árvores mensuradas. Na coleta de dados, estipulou-se uma distância de 10 e 15 m entre árvore e o equipamento para realizar as medições.

Para balizar as medições, foi utilizado a marcação do DAP a 1,30 m do solo, para facilitar a observação e medição pelo dendrômetro (Figura 4). Posteriormente as medidas foram coletadas nas alturas 0,7, 1,30 e de 2 em 2 m até a inserção do primeiro galho, considerando com a altura comercial do fuste de cada árvore.

Figura 4 - Implantação de piquete e marcação do DAP, para realização da cubagem.



Fonte: LabFor (2023).

### 3.6 Processamento do inventário

O processamento do inventário foi realizado para estimar os valores médios de volume em cada estrato e total do plantio, a distribuição diamétrica por estrato, e a quantificação dos multiprodutos destinados para a produção de laminados. Para isso, foram testados modelos hipsométricos, volumétricos, afilamento e de Weibull (Tabela 2) para estimar as variáveis de interesse. O banco de dados foi dividido em 50% para ajuste e 50 de validação.

Tabela 2 - Modelos hipsométricos, volumétricos, afilamento e de Weibull ajustados.

Relação	Autor	Modelo
Hipsométrico	Polinômio 3º grau	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3 + \varepsilon$
	Stoffels e Soest	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \varepsilon$
	Henriksen	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \varepsilon$
Volumétrico	Schumacher-Hall (Ln)	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \beta_2 \ln(h) + \varepsilon$
	Spurr	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d^2 * h) + \varepsilon$
	Husch	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \varepsilon$
Afilamento	Hradetzky	$\frac{di}{d} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{h}\right)^{p1} + \beta_n \dots \beta_n \left(\frac{hi}{h}\right)^{pn} + \varepsilon$
	Schöepfer	$\frac{di}{d} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{hi}{h}\right)^5 + \varepsilon$
	Max e Burkhart	$di = d[\beta_1(X - 1) + \beta_2(X^2 - 1) + \beta_3(a_1 - X)^2 I_1 + \beta_4(a_2 - X)^2 I_2]^{0,5} + \varepsilon$
Distribuição diamétrica	Weibull 3P	$f(x) = \frac{\gamma}{\beta} \left[\left(\frac{x - \alpha}{\beta}\right)\right]^{(\gamma-1)} e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma}$

h – Altura individual; d – Diâmetro a altura do peito (DAP); pn – Potências;  $\beta$  – Parâmetros; di – Diâmetro correspondente a uma altura hi; hi – Altura obtida nas seções do fuste; X – centro de classe de diâmetro;  $\beta$  – Parâmetro de escala;  $\gamma$  – Parâmetro de forma;  $\alpha$  – Parâmetro de alocação, sendo  $X \geq 0$ ;  $\beta > 0$ ;  $\gamma > 0$ .

Fonte: O Autor (2024).

### 3.6.2 Metodologia de análise e seleção do modelo

Para o ajuste do modelo de Hradetzky, foram utilizadas as seguintes potências inteiras e fracionárias: 0,00001; 0,00005; 0,0009; 0,0007; 0,0006; 0,0004; 0,0002; 0,0001; 0,009; 0,008; 0,007; 0,006; 0,005; 0,004; 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02; 0,01; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95. A seleção da melhor combinação, foi realizada pelo método de *stepwise*, para o ajuste final do modelo.

#### 3.6.1 Critérios de avaliação dos modelos

Os modelos foram selecionados levando em consideração os seguintes critérios: Critério de Informação de Akaike (AIC) (Equação 1); Critério de Informação Bayesiano (BIC) (Equação 2); Coeficiente de determinação ajustado

( $R^2_{aj}$ ) (Equação 3); Erro padrão da estimativa ( $Syx\%$ ) (Equação 4); e distribuição gráfica de resíduos.

Tabela 3 – Equações dos critérios de seleção dos modelos.

Nº	Equações
1	$AIC = \log\left(\frac{r_{SS}}{n}\right) + \left(2 * \frac{k}{n}\right)$
2	$BIC = \log\left(\frac{r_{SS}}{n}\right) + \left(\log(n) * \frac{k}{n}\right)$
3	$R^2_{aj} = 1 - \left[(1 - R^2) \frac{n - 1}{n - p - 1}\right]$
4	$Syx\% = \frac{Syx}{\bar{y}} * 100$

K – Número de coeficientes estimados; r<sub>SS</sub> – Soma dos quadrados residuais; n – Número de observações; R<sup>2</sup> – Coeficiente de determinação; p – Número de coeficientes; Syx – Erro padrão;  $\bar{y}$  – Média dos valores observados.

Fonte: O Autor (2024).

Os modelos foram selecionados considerando se os parâmetros ajustados foram significativos ao nível de 5% de probabilidade. Após os ajustes, foi realizado um ranking dos critérios de seleção, em que o modelo que apresentou o maior número de critérios satisfatórios (maior valor de  $R^2_{aj}$  e menores de AIC, BIC,  $Syx\%$ ), foi o escolhido. O ajuste dos modelos de regressão, os critérios de seleção e geração dos gráficos, foram realizados nos softwares Microsoft Excel e o RStudio (versão 4.3.1).

Também foi realizado a análise de variância (ANOVA) para verificar se há diferença significativa entre o volume de madeira dos estratos. O teste de médias de Tukey foi aplicado para ranquear os estratos ( $p < 0,05$ ). Os testes estatísticos foram calculados com o software RStudio (versão 4.3.1), com auxílio do pacote “ExpDes.pt” (Ferreira *et al.*, 2013).

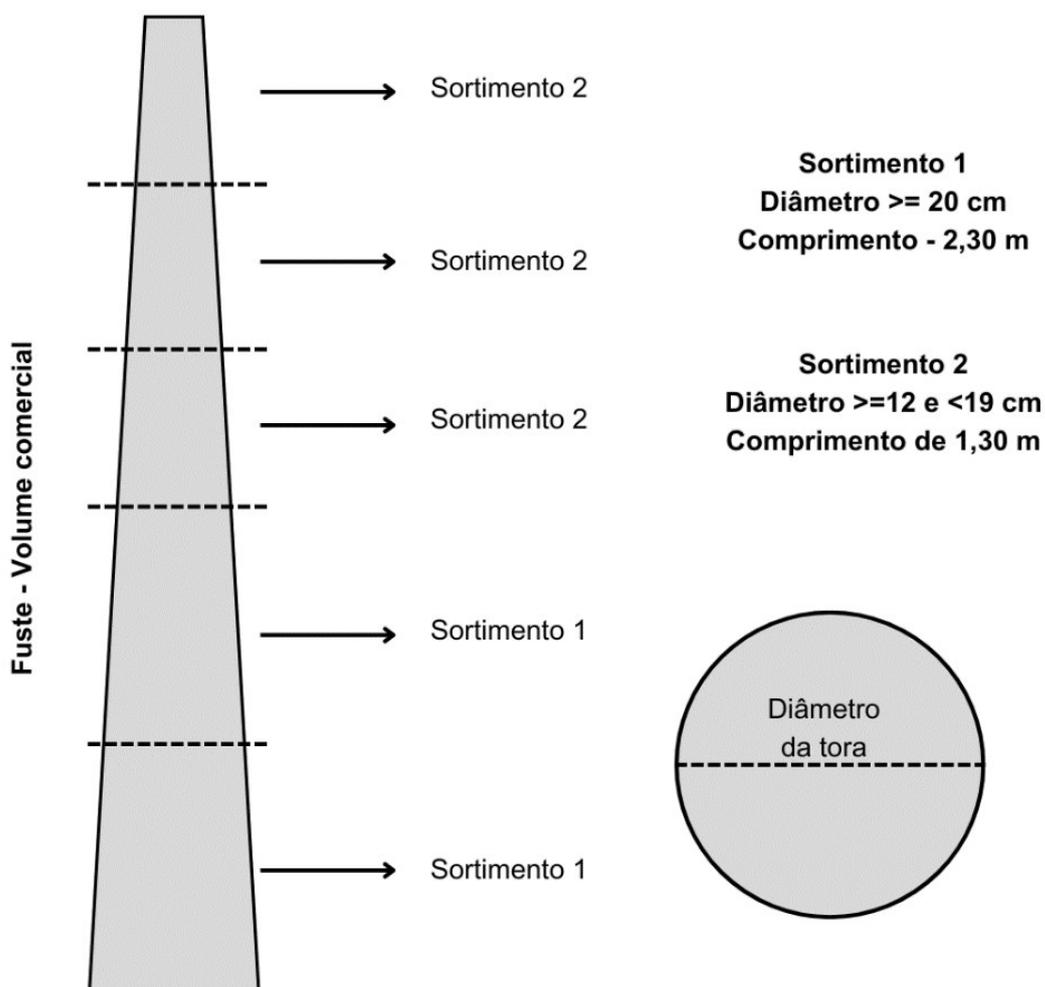
### 3.7 Quantificação dos multiprodutos

#### 3.7.1 Quantificação dos multiprodutos

Devido a produção do plantio ser destinada para a indústria de laminação, a quantificação do sortimento de madeira para a espécie foi realizada com base

em informações coletadas em duas empresas de compensado, localizadas em municípios próximos à área de estudo. Foi determinado o sortimento 1 com toras de diâmetro com casca da ponta fina  $\geq 20$  cm, priorizando a formação de toras com comprimento de 2,3 m, e sortimento 2 com toras de diâmetro  $\geq 12$  e  $< 19$  cm e comprimento de 1,30 m (Figura 5).

Figura 5 - Características dos sortimentos.



Fonte: O Autor (2024).

### 3.7 Rendimento em laminação

De posse dos dados da quantidade, volume das árvores e do sortimento ideal para a laminação, foram estimados o volume, rendimento e as perdas no processamento da madeira de paricá. O volume sem casca e conicidade ( $V_{sc}$ )

(Equação 5), volume do rolo resto ( $V_{rr}$ ) (Equação 6), volume laminável ( $V_l$ ), rendimento ( $R$ ) e as perdas no processamento ( $P_c$ ), foram calculados de acordo com as equações na Tabela 4. O estoque foi calculado através da soma de todos os volumes lamináveis do plantio.

Tabela 4 - Equações para determinação da produção em laminação.

Nº	Equação
5	$V_{scc} = \frac{d^2_{menor} * l * \pi}{40000}$
6	$V_{rr} = \frac{d_{rr}^2 * l * \pi}{40000}$
7	$V_l = V_{scc} - V_{rr}$
8	$R = \frac{d_{scc}^2 - d_{rr}^2}{d_{ccc}^2} * 100$
9	$P_c = \frac{V_{ini} - V_{scc}}{V_{total}} * 100$

$V_{scc}$  – volume sem casca e conicidade ( $m^3$ );  $V_{rr}$  – volume do rolo resto ( $m^3$ );  $V_l$  – volume laminável ( $m^3$ );  $V_{ini}$  – volume inicial ( $m^3$ );  $V_{total}$  – Volume total ( $m^3$ );  $d^2_{menor}$  – menor diâmetro da tora (cm);  $l$  – comprimento da tora (m);  $d_{rr}$  – diâmetro do rolo resto (cm);  $d_{scc}$  – diâmetro sem casca e conicidade (cm);  $d_{ccc}$  – diâmetro com casca e conicidade (cm).

Fonte: O Autor (2024).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Das 53 parcelas inventariadas, 14 foram referentes ao primeiro estrato, onde foram mensurados 764 indivíduos, 12 parcelas do segundo com 695 indivíduos, e 27 parcelas no terceiro com 1.002 indivíduos, totalizando 2.461 indivíduos arbóreos nos três estratos.

### **4.1 Ajuste e seleção dos modelos**

Os resultados dos parâmetros ajustados dos modelos hipsométricos, volumétricos e de afilamento podem ser observados na Tabela 5. Os modelos hipsométrico (Modelo 1), Volumétrico (Modelo 4) e de afilamento (Modelo 9), apresentaram pelo menos um dos seus parâmetros não significativos ( $p > 0,05$ ), procedendo assim com a exclusão deles das etapas seguintes de seleção.

Tabela 5 - Parâmetros de estimativas dos modelos hipsométricos, volumétricos e de afilamento ajustados.

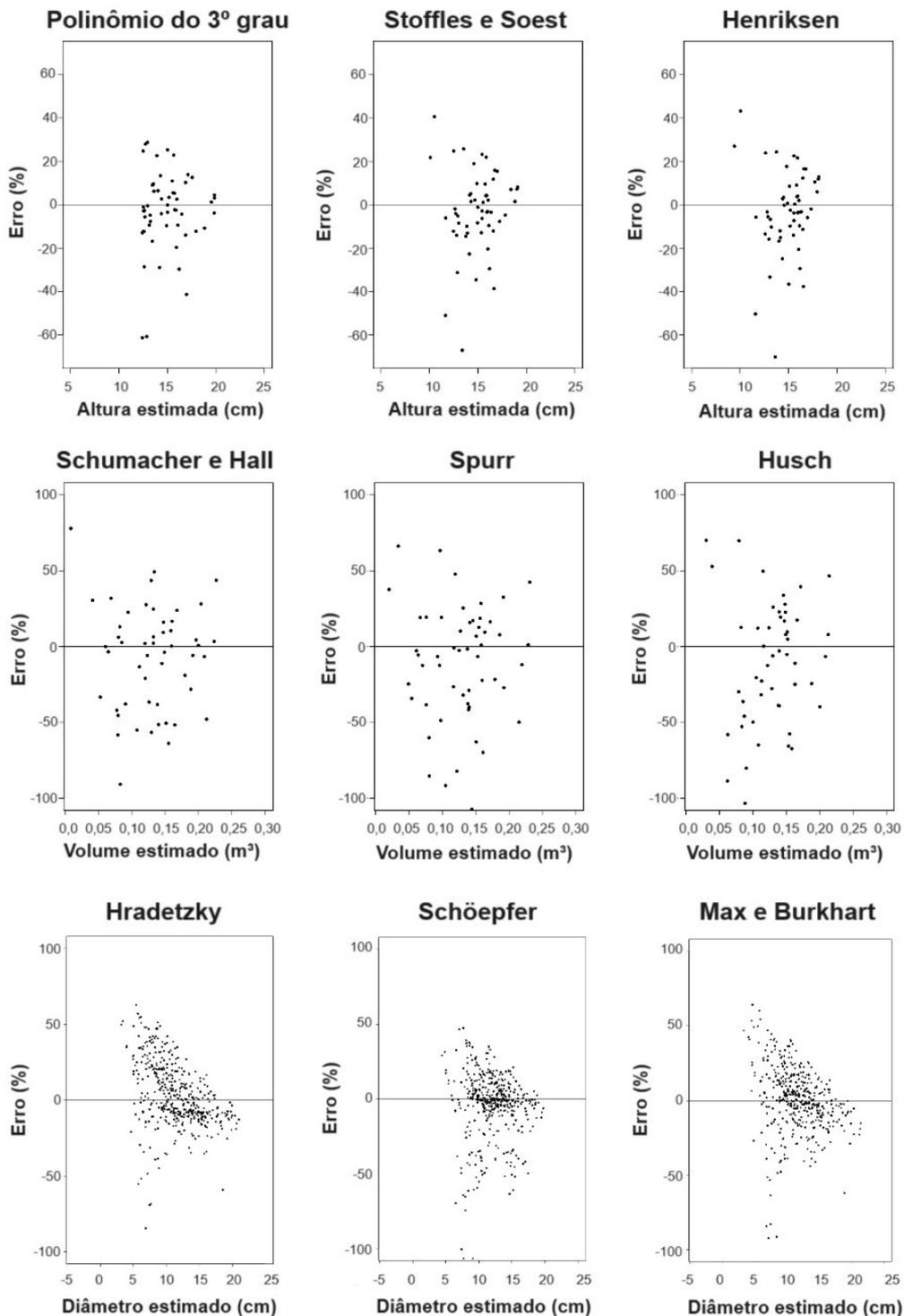
Relação	Nº	Modelo	a1	a2	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$
	1	Polinômio 3º Grau	-	-	36,1604 <sup>ns</sup>	-6,2666 <sup>ns</sup>	0,5101 <sup>ns</sup>	-0,0119 <sup>ns</sup>	-	-
Hipsométricos	2	Stoffels e Soest	-	-	1,0905 *	0,6287 *	-	-	-	-
	3	Henriksen	-	-	-7,934 *	9,051 *	-	-	-	-
	4	Schumacher-Hall (Ln)	-	-		0,0712 <sup>ns</sup>	0,1806 *	-	-	-
Volumétricos	5	Spurr (Ln)	-	-	-0,4865 *	0,0797 *	-	-	-	-
	6	Husch (Ln)	-	-	-0,3374 *	0,1848 *	-	-	-	-
	7	Hradetzky	-	-	1,05733 *	-0,33717 *	-0,71876 *	-	-	-
Afilamento	8	Schöepfer	-	-	1,09658 *	-1,81789 *	11,10859 *	-34,32642 *	46,01280 *	-22,06749 *
	9	Max e Burkhart	0,67619 *	0,09153 <sup>ns</sup>	-	9,35487 *	-6,98988 *	7,56011 *	13,64878 <sup>ns</sup>	-

<sup>ns</sup> – não significativo; <sup>\*\*</sup> – significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O Autor (2024).

A distribuição gráfica dos resíduos de todos os modelos foi um dos critérios utilizados para a seleção, porém verificou-se que essa análise gráfica não influenciou diretamente no ranking de seleção dos modelos (Figura 6).

Figura 6 - Distribuição gráfica dos resíduos dos modelos analisados.



Fonte: O Autor (2024).

#### 4.1.1 Modelos hipsométricos

Todos os parâmetros dos modelos hipsométricos de Stoffels e de Henriksen foram significativos, prosseguindo assim com a realização do ranqueamento entre os critérios de avaliação para a seleção do melhor modelo (Tabela 6). Quando um plantio é implantado e manejado com controle de diferentes variáveis, como por exemplo a correta definição dos sítios e a condução do plantio com tratamentos silviculturais, é observado uma alta correlação entre as variáveis altura e diâmetro (Hentz et al. 2016). Essa correlação não foi observada nos modelos testados, pois apresentaram resultados reduzidos de  $R^2_{aj}$ , indicando baixa correlação.

Tabela 6 - Critérios de seleção dos modelos hipsométricos ajustados.

<b>Modelo</b>	<b><math>R^2_{aj}</math></b>	<b>Syx%</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>
Stoffels e Soest	36,94	1,21	-27,0415	-21,0745
Henriksen	38,26	17,02	258,0314	263,9984

Fonte: O Autor (2024).

O modelo de Stoffels e Soest foi o selecionado por apresentar os melhores valores dos critérios (AIC, BIC e Syx%). Ao contrário do observado por Souza *et al.* (2016), em que, na avaliação do crescimento de Eucalipto em sistema iLFP, verificaram que o modelo hipsométrico polinômio de 3º grau foi o que apresentou os melhores resultados de ajuste para estimar a variável altura em relação aos outros modelos testados, incluindo o de Stoffels e Soest.

Hentz *et al.* (2016) avaliando modelos hipsométricos para a espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, obtiveram como resultados, valores reduzidos de  $R^2_{aj}$  e Syx% para todos os modelos, assemelhando-se aos resultados do presente trabalho, que teve como resultado uma baixa correlação entre as variáveis e precisão dos modelos testados, podendo estar relacionado ao fato do plantio de paricá não se tratar de um experimento, sendo implantado por um produtor rural.

Os dois modelos hipsométricos apresentaram valores dos critérios de seleção aproximados na validação (Tabela 7), porém levando em consideração a seleção do melhor modelo pelo ranqueamento dos critérios, o de Henriksen

seria o selecionado por apresentar os melhores resultados para os critérios analisados: maior  $R^2_{aj}$ ; menor Syx%; menor AIC e BIC.

Tabela 7 - Critérios de seleção dos modelos hipsométricos validados.

<b>Modelo</b>	<b>R<sup>2</sup> aj</b>	<b>Syx%</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>
Stoffels e Soest	43,82	18,46	0,9402	0,9307
Henriksen	44,90	18,35	0,9350	0,9251

Fonte: O Autor (2024).

#### 4.1.2 Modelos volumétricos

Após o ajuste dos modelos volumétricos, foi realizado o ranqueamento dos critérios de seleção, entre os modelos de Spurr e de Husch. Na comparação entre os dois modelos, foi verificado um empate no ranking, ocasionando a seleção do modelo de Spurr por apresentar o menor Syx% e maior  $R^2_{aj}$  (Tabela 8). Tais resultados corroboram com os obtidos por Fernandes *et al.* (2017), em que o modelo de Spurr apresentou as melhores estatísticas de  $R^2_{aj}$  e Syx% quando comparado ao modelo de Husch.

Tabela 8 - Critérios de seleção dos modelos volumétricos ajustados.

<b>Modelo</b>	<b>R<sup>2</sup>aj</b>	<b>Syx%</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>
Spurr (Ln)	45,89	40,72	-160,4558	-154,4888
Husch (Ln)	32,14	45,61	-148,2270	-142,2600

Fonte: O Autor (2024).

Miranda *et al.* (2015) ao avaliar diversos modelos volumétricos para *Eucalyptus urograndis*, observou que os modelos de dupla entrada, com a variável diâmetro e altura, tendem a fornecer estimativas mais acuradas que modelos com apenas uma variável. Corroborando com tais resultados, Fernandes *et al.* (2017), indicou que o modelo de Schumacher-Hall logarítmico, de dupla entrada apresentou as melhores estatísticas quando comparado aos modelos de Husch e de Spurr para as espécies *Carapa guianensis* Aubl. e *Swietenia macrophylla* King, contrariando o observado no presente trabalho com os dados do plantio de paricá, onde o modelo de Schumacher-Hall foi excluído da seleção após o ajuste.

Os critérios de avaliação dos dados de validação dos modelos volumétricos foram analisados, e assim como os resultados encontrados no

ajuste, o modelo de Spurr foi indicado como o melhor para a estimativa da variável em questão, devido apresentar os critérios  $R^2_{aj}$  e  $Syx\%$  mais satisfatórios se comprado ao modelo de Husch (Tabela 9).

Tabela 9 - Critérios de seleção dos modelos volumétricos validados.

Modelo	$R^2_{aj}$	$Syx\%$	AIC	BIC
Spurr	44,45	53,64	-2,1750	-2,1849
Husch	31,51	59,34	-2,0873	-2,0972

Fonte: O Autor (2024).

#### 4.1.3 Modelos de afilamento

Todos os parâmetros ajustados dos modelos de Hradetzky e Schöpfer foram significativos sendo os dois indicados para a estimativa dos multiprodutos do paricá. Para o modelo de Hradetzky, o método de *stepwise* indicou como melhor combinação apenas duas potências para o ajuste do modelo de Hradetzky, sendo 0,9 e 20. A partir dos dados de ajuste, foram obtidos os valores dos critérios de seleção do melhor modelo (Tabela 10).

Tabela 10 - Critérios de seleção dos modelos de afilamento ajustados.

Modelo	Estatística	$d_i/d$	$d_i$	$v_i$	$v_t$
Hradetzky	$R^2_{aj}$	78,46%	83,31%	54,57%	65,95%
	$Syx\%$	18,99%	18,45%	46,95%	32,68%
	AIC	-1,5967	-	-	-
	BIC	-1,5924	-	-	-
Schöpfer	$R^2_{aj}$	78,22%	83,05%	57,56%	67,44%
	$Syx\%$	19,15%	18,59%	45,38%	31,96%
	AIC	-1,5798	-	-	-
	BIC	-1,5713	-	-	-
Max e Burkhart	$R^2_{aj}$	77,71%	82,63%	-69,20%	66,86%
	$Syx\%$	19,20%	18,82%	90,61%	32,24%
	AIC	-1,5772	-	-	-
	BIC	-1,5688	-	-	-

$d_i$  – diâmetro a determinada altura;  $d$  – Diâmetro a altura do peito;  $v_i$  – volume da tora a determinada altura;  $v_t$  – volume total da árvore;  $R^2_{aj}$  – coeficiente de determinação ajustado;  $Syx\%$  - erro padrão em porcentagem; AIC – Critério de Akaike; BIC – Critério Bayesiano.

Fonte: O Autor (2024).

Comparando os valores dos critérios analisados dos modelos de Hradetzky e Schöpfer, foi observado que ambos apresentaram valores de  $R^2_{aj}$ ,

Syx%, AIC e BIC, com pouca variação para a variável dependente di/d. Realizando o ranking de seleção, constatou-se um empate entre os dois modelos, selecionando assim o melhor modelo com base nos valores de AIC e BIC, em que, quanto menor o valor desses critérios o modelo é considerado o melhor. De acordo com Yoshitani Junior et al. (2012), esses dois modelos são considerados mais flexíveis, pois possibilitam estimativas com maior precisão das extremidades superiores e inferiores das árvores, apresentando valores de  $R^2_{aj}$  e Syx% aproximados de ambos.

Para os critérios relacionados ao volume, o modelo de Schöpfer apresentou as melhores estatísticas, determinando assim a sua seleção em relação ao de Hradetzky, para a estimativa do volume de sortimento. Ao avaliarem modelos de afilamento para o *Eucalyptus grandis* em diferentes sítios, verificou-se que o modelo de Hradetzky foi o mais acurado na estimativa do diâmetro e do volume por seção, enquanto o modelo de Schöpfer apresentou o melhor desempenho para o volume com casca acumulado ao longo do fuste Téó et al. (2018).

Utilizando dados provenientes de cubagem não destrutiva com o Criterion RD 1000 para a espécie *Araucaria augustifolia*, Costa et al. (2016), não selecionaram o modelo de afilamento de Schöpfer, mesmo apresentado  $R^2$  aj. de 0,975 e Syx% de 7,5% para os diâmetros relativos e  $R^2$  aj. de 0,975 e Syx% de 19% para a variável volume total até a inserção da copa, demonstrando que outros modelos podem ser ajustados para verificar a viabilidade de uso para o paricá. Enquanto para espécie *Corymbia citriodora*, o modelo de Schöpfer apresentou os melhores resultados de ajuste para determinação dos sortimentos, com  $R^2$  aj. de 0,96 e Syx% de 11,54, demonstrando a viabilidade do modelo para a espécie (Coelho et al. 2023).

Tais resultados validam a escolha do modelo para o paricá no presente estudo, a partir da cubagem não destrutiva. Com isso para confirmar a seleção, procedeu-se com a validação dos dados, e foi constatado que, assim como nos dados do ajuste, os resultados apresentaram pouca variação entre os modelos. Deste modo, realizando um comparativo entre os resultados do modelo de Hradetzky e de Schöpfer, o segundo continuou demonstrando ser o mais ideal, devido apresentar os melhores resultados no ranking de seleção dos critérios de AIC e BIC, para a variável di/d (Tabela 11).

Tabela 11 - Critérios de seleção dos modelos de afilamento para os dados de validação.

Modelo	Estatística	di/d	di	vi	v tot
Hradetzky	R <sup>2</sup> aj	77.96%	83.97%	68.15%	75.40%
	Syx%	19.09%	18.26%	45.51%	31.72%
	AIC	-1.5805	-	-	-
	BIC	-1.5762	-	-	-
Schöpfer	R <sup>2</sup> aj	77.36%	83.37%	68.92%	75.36%
	Syx%	19.41%	18.61%	44.91%	31.74%
	AIC	-1.5564	-	-	-
	BIC	-1.5479	-	-	-
Max e Burkhart	R <sup>2</sup> aj	77.24%	83.46%	-12.25%	70.97%
	Syx%	19.29%	18.56%	85.35%	34.46%
	AIC	-1.5619	-	-	-
	BIC	-1.5534	-	-	-

di – diâmetro a determinada altura; DAP – Diâmetro a altura do peito; v<sub>i</sub> – volume a determinada altura; v<sub>t</sub> – volume total; R<sup>2</sup> aj – coeficiente de determinação ajustado; Syx% - erro padrão em porcentagem; AIC – Critério de Akaike; BIC – Critério Bayesiano.

Fonte: O Autor (2024).

## 4.2 Processamento do inventário

### 4.2.1 Volume do plantio por hectare e estrato

Com os modelos hipsométrico de Stoffels e Soest e volumétrico de Spurr selecionados, foi possível o cálculo do volume estimado individual das árvores, permitindo a extrapolação para a produção total. O processamento do inventário florestal a partir desses modelos, apresentou erro de 7,42%, com a estimativa do volume médio por hectare de 92,9031 m<sup>3</sup>, e intervalo de confiança superior de 99,6847 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e o inferior de 85,9215 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Porém foi determinado o uso do modelo de afilamento de Schöpfer, para o processamento do inventário florestal para a estimativa do volume por hectare, levando em consideração a amostragem simples e a estratificada (Tabela 12).

Tabela 12 - Resultados do inventário a partir do modelo de Schöpfer.

Indicador	Amostragem simples	Amostragem estratificada
	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
Variância	58,112	0,0813
Desvio padrão	24,106	0,2851
Erro padrão da média	0,3215	0,0380
Erro de amostragem (%)	10,64	9,42

Média por hectare	121,2374	-
Média por hectare estrato 1	-	94,6119
Média por hectare estrato 2	-	104,7481
Média por hectare estrato 3	-	142,3719
Média da população estrato 1	-	1.166,1075
Média da população estrato 2	-	1.037,9482
Média da população estrato 3	-	3.392,2786
Intervalo de confiança inferior	108,3363	-
Intervalo de confiança superior	134,1386	-
Média população	5.584,3236	-
Intervalo de confiança inferior	5.571,4224	-
Intervalo de confiança superior	5.597,2248	-

Fonte: O Autor (2024)

Foi encontrado um erro de 9,42%, abaixo de 10% na amostragem estratificada, sendo considerado aceitável para florestas plantadas. Sendo assim utilizado para estimar a produção do plantio.

Após o processamento desse inventário, procedeu-se a realização da análise de variância (ANOVA) para verificar se houve diferença estatística entre os volumes dos estratos do plantio de paricá (Tabela 13), onde foi demonstrando que pelo menos um estrato do plantio estudado apresentou diferença entre os demais ao comparar os volumes dos estratos.

Tabela 13 - Análise de variância dos estratos do plantio de paricá.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Estatística F calculada	P valor
Estratos	2	63,119	31,5595	6,6006	0,0028*
Resíduo	50	239,064	4,7813		
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>302,182</b>			

\* significativo a 5% de probabilidade

Fonte: O Autor (2024).

Para os estratos, o teste de médias de Tukey foi realizado, indicando que o estrato 1, com menor média, o correspondente a 94,6119 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, diferindo estatisticamente apenas do estrato 3. O estrato 2 com um volume médio de 104,7481 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, foi semelhante ao estrato 1 e 3. Além disso o estrato 3, de

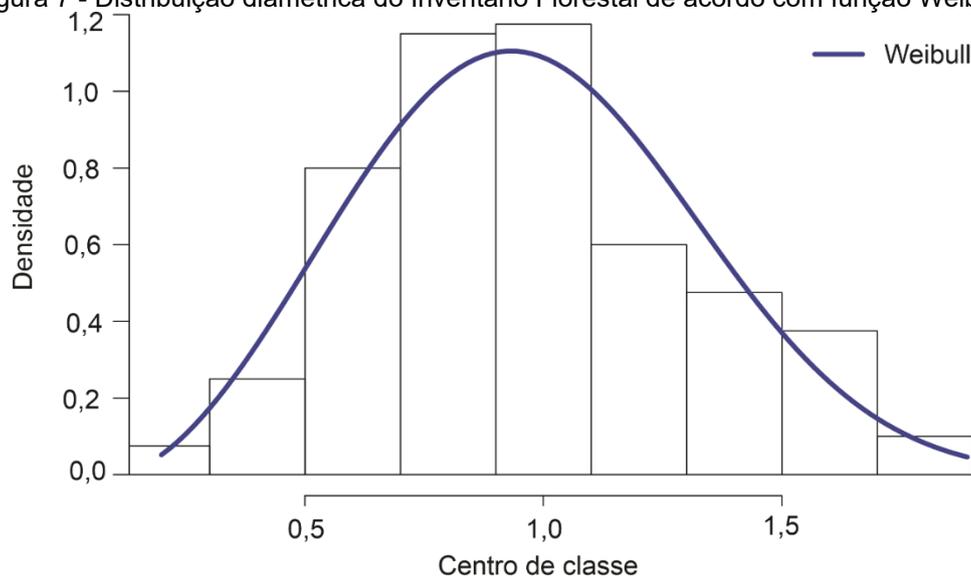
maior volume, equivalente a  $142,3719 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , diferiu estatisticamente apenas do estrato 1

### 4.3 Quantificação dos multiprodutos

#### 4.3.1 Quantificação dos multiprodutos

O ajuste do modelo de Weibull forneceu para os parâmetros de forma, escala e locação, os valores 0,0768, 0,9463 e 2,8134, respectivamente, analisando todo o conjunto de dados. A função demonstrou uma tendência semelhante às distribuições diamétricas observadas em cada estrato, com maior concentração de indivíduos nas classes centrais de diâmetros (Figura 7). Nascimento et al. (2012), reforça que essa função é bastante utilizada nas ciências florestais devido a sua flexibilidade, em que dependendo dos valores de seus coeficientes pode assumir diferentes formas e assimetrias, sendo empregado para a descrição de diferentes relações dendrométricas e tipologias florestais.

Figura 7 - Distribuição diamétrica do Inventário Florestal de acordo com função Weibull.



Fonte: O Autor (2024).

Os resultados foram extrapolados para a quantificação em do volume dos multiprodutos por hectare. Os estratos 1 e 2, apresentaram resultados aproximados relacionados ao volume dos sortimentos e do resíduo, enquanto o

estrato 3 apresentou um quantitativo maior de toras dos dois sortimentos e menor dos resíduos. A coluna de resíduo, indica uma previsão do volume de resíduo por hectare ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ) (Tabela 14).

Tabela 14 - Estimativas dos multiprodutos por hectare das classes diamétricas de cada estrato do plantio de paricá.

	Classe	LI	CC	LS	FO	S.2 -V12	Nº toras	S.1 - V20	Nº toras	Resíduo Total
<b>Estrato 1</b>	1	0	0,12	1,75	6	-	-	-	-	0,0049
	2	1,75	3,38	5,01	90	-	-	-	-	0,9556
	3	5,01	6,64	8,27	233	-	-	-	-	10,3513
	4	8,27	9,90	11,53	397	-	-	-	-	46,2283
	5	11,53	13,16	14,79	304	28,0777	1.601	-	-	41,5143
	6	14,79	16,41	18,04	60	21,1293	991	-	-	2,0797
	7	18,04	19,67	21,30	1	0,7715	29	-	-	0,0260
<b>Total</b>					<b>1091</b>	<b>49,9784</b>	<b>2.621</b>			<b>101,1600</b>
<b>Estrato 2</b>	1	0	0,75	2,32	5	-	-	-	-	0,0102
	2	2,32	3,88	5,45	95	-	-	-	-	1,2128
	3	5,45	7,01	8,58	240	-	-	-	-	12,4752
	4	8,58	10,14	11,71	425	-	-	-	-	51,4553
	5	11,71	13,27	14,84	330	30,9851	1.780	-	-	44,7250
	6	14,84	16,40	17,97	58	21,3334	978	-	-	1,9762
	7	17,97	19,53	21,10	5	2,6129	90	0,3918	5	0,1188
<b>Total</b>					<b>1158</b>	<b>54,9313</b>	<b>2.848</b>	<b>0,3918</b>	<b>5</b>	<b>111,9735</b>
<b>Estrato 3</b>	1	1,15	2,95	4,74	4	-	-	-	-	0,0510
	2	4,74	6,53	8,33	47	-	-	-	-	2,0296
	3	8,33	10,12	11,92	172	0,1520	10	-	-	22,5376
	4	11,92	13,71	15,50	290	49,0196	2.652	-	-	29,8237
	5	15,50	17,30	19,09	186	83,8981	3.315	-	-	5,2804
	6	19,09	20,89	22,68	38	20,9874	664	4,4054	54	0,8790
	7	22,68	24,47	26,27	4	2,5034	30	3,7304	40	0,0950
<b>Total</b>					<b>742</b>	<b>156,5605</b>	<b>6.670</b>	<b>8,1358</b>	<b>94</b>	<b>60,6962</b>

LI – Limite inferior; CC – Centro de classe; LS – Limite superior; FO – Frequência observada; S.1 – V20 – volume de sortimento 1 (m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>); S.2 – V12 – volume de sortimento 2 (m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>); Nº Toras – Número de toras de cada sortimento; Resíduo (m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>).

Fonte: O Autor (2024).

Foi observado no presente trabalho, diferenças na quantidade de toras entre os estratos com mesma idade e espaçamento, e com o estrato de maior idade e espaçamento. Tal diferença pode estar associada ao espaçamento, os tratamentos silviculturais, a posição sociológica, a idade e o sítio, os quais influenciam na heterogeneidade de formas do fuste, e conseqüentemente na determinação e otimização dos sortimentos das árvores (FINGER *et al.* 1995).

Os estratos 1 e 2, diferiram entre si pela presença de gado na área, verificando que o volume do sortimento 2 do primeiro estrato apresentou redução de  $4,95 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  em relação ao segundo, demonstrando que o desenvolvimento do paricá pode ter sido influenciado pela presença do componente animal. Na avaliação de plantios de eucalipto, a presença de gado provocou redução do crescimento em altura, diâmetro e em volume dos clones, quando comparado a áreas com ausência do animal (Gonçalves *et al.* 2022).

O quantitativo elevado de resíduo pode estar relacionado com a idade do plantio e as dimensões dos sortimentos exigidos para comercialização das toras de paricá, devido ao plantio não estar na idade de corte ideal para comercialização. Figueiredo filho *et al.* (2015) afirmaram que conforme o avanço da idade, a tendência é que o afilamento dos fustes das árvores diminua, formando troncos mais cilíndricos, aumentando o volume dos sortimentos por categoria e redução dos resíduos.

A densidade de árvores por hectare é outra variável que pode influenciar na geração de resíduos. Neste trabalho foram utilizados diferentes espaçamentos, e plantios com menor densidade de árvores por hectare influenciam diretamente no aumento da produção de volume comercial e sortimentos, quando comparado com os plantios de maior densidade de uma mesma espécie (Silva *et al.*, 2023).

Vale destacar que os resíduos gerados provenientes do processamento do paricá podem ser destinados para a geração de energia. Assim como descrito por Freitas *et al.* (2016), que demonstraram a viabilidade econômica da produção de briquetes para o aproveitamento energético, formados a partir de resíduos do processamento de paricá na indústria de laminados.

#### 4.3.2 Estimativa do Rendimento em laminação

O estrato 1 não apresentou toras de sortimento de categoria 1, caracterizados por diâmetro maior ou igual a 20 cm e comprimento de 2,30 m, enquanto os estratos 2 e 3, forneceram toras nessa categoria que resultaram em um rendimento estimado em laminação acima de 90% (Tabela 15).

Tabela 15 - Rendimento em laminação de toras de sortimento 1.

		Toras de diâmetro ( $\geq 20$ cm)							
Estratos	Variáveis	Classes							Total
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Nº árv.	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nº toras	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vt toras (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vtsc totas (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vrr (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vlam (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-
	Perda con. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rendimento (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Nº árv.	-	-	-	-	-	-	1	1
	Nº toras	-	-	-	-	-	-	3	3
	Vt toras (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	0,24	0,24
	Vtsc totas (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	0,23	0,23
	Vrr (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01
	Vlam (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	0,21	0,21
	Perda con. (%)	-	-	-	-	-	-	3,60	3,60
	Rendimento (%)	-	-	-	-	-	-	90,23	90,23
3	Nº árv.	-	-	-	-	-	26	6	32
	Nº toras	-	-	-	-	-	73	54	127
	Vt toras (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	5,95	5,04	10,98
	Vtsc totas (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	5,73	4,90	10,63
	Vrr (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	0,33	0,24	0,57
	Vlam (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	5,40	4,66	10,05
	Perda con. (%)	-	-	-	-	-	3,71	2,70	3,25
	Rendimento (%)	-	-	-	-	-	90,34	92,33	91,19

Fonte: O Autor (2024).

O rendimento médio de cada estrato das toras de categoria 2 de sortimento, com diâmetro maior ou igual a 12 cm até 19 cm e comprimento de 1,30 m, foi semelhante nos estratos 1 e 2, com 83,82% e 83,91%, respectivamente, devido apresentar valores aproximados das variáveis, enquanto o rendimento do estrato 3 foi superior, com 85,99%. Vale destacar que o quantitativo de toras do terceiro estrato foi superior aos demais, devido as

características do plantio desse estrato que proporcionou elevado número de árvores lamináveis (Tabela 16). De acordo com Silva *et al.* (2015), o diâmetro é uma variável que influencia diretamente no rendimento, indicando uma relação diretamente proporcional no rendimento em laminação do paricá.

Tabela 16 - Rendimento em laminação de toras de sortimento 2.

		Toras de diâmetro ( $\geq 12$ a $\leq 19$ cm)							
Estratos	Variáveis	Classes							Total
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Nº árv.	-	-	-	-	190	42	1	233
	Nº toras	-	-	-	-	1.121	694	20	1.835
	Vt toras (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	19,65	14,79	0,56	35,00
	Vtsc totas (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	19,16	14,49	0,54	34,19
	Vrr (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	2,86	1,77	0,05	4,68
	Vlam (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	16,29	12,72	0,49	29,51
	Perda con. (%)	-	-	-	-	2,54	2,01	2,31	2,31
	Rendimento (%)	-	-	-	-	82,63	85,62	88,05	83,82
2	Nº árv.	-	-	-	-	192	35	3	230
	Nº toras	-	-	-	-	1068	587	54	1709
	Vt toras (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	18,59	12,80	1,57	32,96
	Vtsc totas (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	18,11	12,54	1,53	32,19
	Vrr (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	2,73	1,50	0,18	4,40
	Vlam (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	15,39	11,04	1,39	27,82
	Perda con. (%)	-	-	-	-	2,56	2,03	2,26	2,34
	Rendimento (%)	-	-	-	-	82,50	85,84	88,90	83,91
3	Nº árv.	-	-	13	392	251	51	6	713
	Nº toras	-	-	13	3.580	4.475	896	40	9.004
	Vt toras (m <sup>3</sup> )	-	-	0,21	66,18	113,26	28,78	1,38	209,80
	Vtsc totas (m <sup>3</sup> )	-	-	0,19	64,71	110,88	27,95	1,32	205,06
	Vrr (m <sup>3</sup> )	-	-	0,03	9,14	11,68	1,39	0,10	22,34
	Vlam (m <sup>3</sup> )	-	-	0,17	55,57	99,20	25,66	1,22	181,82
	Perda con. (%)	-	-	5,74	2,21	2,10	2,88	4,49	2,26
	Rendimento (%)	-	-	77,46	83,68	87,16	89,36	87,29	85,99

Fonte: O Autor (2024).

A perda por conicidade ficou abaixo dos 6% em todas as classes de sortimento nas duas categorias correlacionando com o rendimento elevado, havendo menor geração de resíduos no processamento. O volume do rolo resto apresenta medidas fixas, de acordo com as características pré-definidas do produto, não influenciando diretamente no rendimento e volume laminável entre os estratos. Conforme o aumento do diâmetro com o avanço da idade, o volume do rolo resto permanece igual, e conseqüentemente reduz a relação entre

volume laminável e volume perdido com rolo resto e conicidade (Silva *et al.*, 2015). Tal observação fica evidente nos resultados do trabalho, pois o estrato 3 de maior idade, apresenta maior volume laminável, tanto por apresentar maior quantidade de toras a serem laminadas, quanto ao volume de rolo resto seguir um aumento constante devido suas dimensões fixas.

O rendimento médio do plantio, foi superior ao encontrado por Modes *et al.* (2014) para a mesma espécie deste estudo, onde o rendimento médio laminado foi de 71,83% com árvores de 14 anos de idade e diâmetro em torno de 40 cm. Machado *et al.* (2018) obtiveram 80,03% para árvores de idade entre 16 e 19 anos e Silva *et al.* (2015) com 43,79%, 51,40% e 55,74% com 5, 6 e 7 anos de idade, respectivamente. Bortoleto Junior e Belini (2002) obtiveram rendimento médio de laminação do paricá de 52,59% considerando o volume das toras com casca e 60,98% sem casca. Os resultados das pesquisas demonstram que há uma tendência do aumento do rendimento com o avanço da idade, corroborando com os resultados do presente trabalho, em que os estratos com idades diferentes apresentaram elevadas estimativas de rendimento em relação à encontrada nas atividades de processamento de outras pesquisas, devido as estimativas serem obtidas com base na utilização do menor diâmetro, desprezando qualquer irregularidade natural do fuste.

## CONCLUSÃO

O modelo não segmentado de Schöepfer apresentou as melhores estatísticas para a quantificação do volume dos sortimentos do plantio de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby em sistema de integração pecuária e floresta, demonstrando que funções de afilamento podem ser utilizadas para a espécie.

Para estimar a altura e o volume individual, os modelos hipsométrico Stoffles e Soest e volumétrico Spurr, foram os selecionados por apresentarem as melhores estatísticas de ajuste dos modelos. Ao analisar os estratos, o de maior espaçamento entre as árvores foi o que apresentou os melhores resultados quanto a produção de toras para os sortimentos, e maiores taxas de rendimento em relação aos estratos mais adensados.

A estimativa do rendimento médio em laminação dos estratos foi superior a 80%, indicando a viabilidade de implantação do paricá em sistema integrado entre pecuária e floresta, para comercialização no mercado de laminados, com reduzida geração de resíduos.

## REFERÊNCIAS

ABREU, L. B.; MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M. Aproveitamento de resíduos de painéis de madeira gerados pela indústria moveleira na produção de pequenos objetos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 171-177, 2009.

ALMEIDA, D. H. *et al.* Caracterização completa da madeira da espécie amazônica paricá (*Schizolobium amazonicum* HERB) em peças de dimensões estruturais. **Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1175-1181. 2013

ANGEL, M. L. *et al.* Funciones compatibles de ahusamiento y volumen em uma plantación forestal comercial de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen em Tlatlauquitepec, Puebla. **Agrociencia**, v. 53, p. 381-401. 2019.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; MARTÍNEZ, G. B. Contribuições dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) para agricultura de baixa emissão de carbono. **Revista Brasileira de Geografia e Física**, [S. l.], v. 5, p. 1014-1026. 2011.

BINOTI, D. H. B. *et al.* Descrição da distribuição deiamétrica de sistemas agrossilvipastoris utilizando as funções weibull e hiperbólica. **Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 349-356. 2012.

BORTOLETTO JUNIOR, G.; BELINI, U. L. Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake.) proveniente de um plantio misto de espécies nativas. **Cerner**, v. 8, n. 2, p. 01-16, 2002.

BRAND, M. A. *et al.* Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Revista Árvore**, [S. l.], v. 32, p. 247-259, 2022.

BRASIL. Lei nº 12.805, de 29 de abril de 2013. Institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e altera a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2013.

CARDOSO, D. J.; RIBASKI, J. **O uso do dendrômetro “Criterion” para quantificação do volume por método não destrutivo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 30 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 288).

CARVALHO, P. E. R. **Paricá – *Schizolobium amazonicum***. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 8 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 142).

CASTRO, R. V. O. *et al.* Crescimento e produção de plantios comerciais de eucalipto estimados por duas categorias de modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 3, p. 287-295, marc. 2013.

COELHO, M. C. B. *et al.* Modelos de afilamento e sortimento de madeira em povoamento florestal de *Corymbia citriodora*. **Contemporânea**, v. 3, n. 9, 2023.

CORDEIRO, I. M. C. C. *et al.* Análise econômica dos sistemas de cultivo com *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá) e *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppus & Leal (Curauá) no município de Aurora do Pará (pa), Brasi. **Revista de la Facultad de agronomia**, [S. l.], v. 26, p. 243-265, 2009.

CORDEIRO, I. M. C. C. *et al.* Avalização de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará – PA (Brasil). **Ciências Florestais**, v. 25, n. 3, p. 679-687, jul./set. 2015.

CORDEIRO, I. M.; SCHWARTZ, G.; BARROS, P. L. Efeitos do clima sobre o incremento diamétrico de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* – Fabaceae) em plantios comerciais. **Nativa**, v. 8, n. 2, p. 246-252, mar./abr. 2020.

COSTA, E. A. *et al.* Função de afilamento e sortimentos de madeira para *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 523-533, abr./jun., 2016.

CRUZ, L. L. *et al.* Distribuição diamétrica de três espécies de Lecythidaceae após exploração de impacto reduzido na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 171-190, jan./mar. 2021.

CURTO, R. D. *et al.* Cubagem de árvores em pé com dendrômetro óptico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 39, p. 01-11. 2019.

DALLA LANA, M. *et al.* Distribuição diamétrica de *Escheweilera ovata* em um fragmento de floresta ombrófila densa – Igarassu, PE. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 59-68, jan./mar. 2013.

FALAVESSA, C. M. C. *et al.* Funções de afilamento não segmentadas e segmentadas para *Tectona grandis* na região centro-sul mato-grossense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 373-387, out./dez. 2012.

FERNANDES, A. M. V. *et al.* Equações volumétricas para *Carapa guianensis* Aubl. E *Swietenia macrophylla* King em sistema silvipastoril na Amazônia. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 73-77, jan./fev. 2017.

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., NOGUEIRA, D. A. (2013). **ExpDes.pt**: Experimental Designs pacakge (Portuguese). R package version 1.1.2.

FIGUEIREDO FILHO, A. *et al.* Efeito da idade no afilamento e sortimento em povoamentos de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 50-59, 2015.

FINGER, C. A. G. *et al.* Funções de forma para *Eucalyptus dunnii* maiden implantados na depressão central e encosta do sudeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 399-403, 1995.

FISCHER, F. *et al.* Exatidão dos modelos polinomiais não-segmentados e das razões entre volumes para representar o perfil do tronco de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Snata Maria, v. 11, n. 1, p. 167-188, 2001.

FLORIANO, E. P. **Modelos Florestais**. 1. ed. Rio Largo: [s. n.], 2022. 241 p.

FRANKE, I. L.; FURTADO, S.C. **Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001, 51 p.

FREITAS, A. G.; WICHERT, M. C. P. **Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o criterion 400**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1998. 7 p. (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Circular Técnica, 188).

FREITAS, A. J. *et al.* Efeito da pressão e do tempo de compactação nas propriedades de briquetes de resíduos madeireiros de paricá. **Nativa**, v. 4, n. 6, p. 380-385, 2016.

GERWING, J. *et al.* **Rendimento no processamento de madeira no estado do Pará**. Belém: IMAZON, 2001. 38 p. (IMAZON. Série Amazônica, 38).

GOMES, J. M. *et al.* *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby pode ser utilizada em enriquecimento de clareiras de exploração florestal na Amazônia. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 417-424, jan./mar. 2019.

GONÇALVES, R. T. C. F. *et al.* Danos causados por bovinos em clones de eucalipto em sistema silvipastoril na região amazônica. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 2, p. 715-734, 2022.

HENTZ, A. M. K. *et al.* Distribuição diamétrica e determinação da altura em plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na região central do Rio Grande do Sul. **Scientia Plena**, v. 12, n. 1, 2016.

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2022**. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 37, p. 1-8, 2022.

JARDIM, F. C. S.; QUADROS, L. C. L. Estrutura de uma floresta tropical dez anos após a exploração de madeira em Moju, Pará. **Ceres**, v. 63, n. 4, p. 427-435, jul./ago. 2016.

KOHLER, S. V.; KOEHLER, H. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. Modelos de afilamento para *Pinus taeda* por classes de idade. **Floresta e Ambiente**, [S. l.], v. 20(4), p. 470-479, out./dez. 2013.

LIMEIRA, M. M. C. *et al.* Ajuste da distribuição diamétrica e similaridade florística para áreas cilares através do uso de funções de densidade de probabilidade. **Colloquium Agrariae**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 1-16, jul./ago. 2020.

MACHADO, J. F. *et al.* Production of plywood panel for exterior use with paricá and embaúba timbers. **Revista Árvore**, v. 42(4), 2018.

MACHADO, S. A.; BARTOSZEK, A. C. P. S.; OLIVEIRA, E. B. Estudo da estrutura diamétrica para *Araucaria augustifolia* em florestas naturais nos estados da região sul do Brasil. **Floresta**, n. 26, p. 59-70, 1996.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: Unicentro, 2014. 316 p.

MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. G.; SIVIERO, M. A. **A evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 5 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 158).

MELO, E. A. *et al.* Modelagem não linear da relação hipsométrica e do crescimento das árvores dominantes e codominantes de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1325-1338, out./dez. 2017.

MELO, R. R. *et al.* Rotary peeling yield os *Schizolobium amazonicum* (Leguminosae – Caesalpinioideae). **ACTA Amazonica**, [S. i.], v. 44, p. 315-320, 2014.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Plena**, v 11, n. 3. 2015.

MODES, K. A. *et al.* Rendimento em laminação da madeira de *Schizolobium amazonicum* em torno desfolhador do tipo tracionado. **Brazilian Journal of Wood Science**, v. 5(2), p. 151-157, 2014.

MODES, K. S. *et al.* Propriedades físico-mecânicas da madeira sólida de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 7, n. 2, p. 989-995, 2020.

MORAIS, E. O. *et al.* Aplicação de modelos de regressão linear e não linear para estimativa de volume de biomassa e estoque de carbono. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 45621-45632, jul. 2020.

MÜLLER, M. D. *et al.* Equações de altura, volume e afilamento para eucalipto e acácia estabelecidos em sistema silvipastoril. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 473-484, jul./set. 2014.

NASCIMENTO, R. G. M. *et al.* Modelo de projeção por classe diamétrica para florestas nativas enfoque na função probabilística de Weibull. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 32, n. 70, p. 209-219, abr./jun. 2012.

NICOLETTI, M. F. *et al.* Exatidão de dendrômetros ópticos para determinação do volume de árvores em pé. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 395-404, abr./jun. 2015.

OHASHI, S. T.; YARED, J. A. G.; NETO, J. T. F. Variabilidade entre procedências de paricá *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby plantadas no município de Colares-Pará. **ACTA Amazônica**, v. 40(1), p. 81-88. 2010.

OLIVEIRA, E.B. *et al.* **Determinação da quantidade de madeira, carbono e renda da plantação florestal**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 39 P. (Embrapa Florestas. Documentos, 220).

ORELLANA, E. *et al.* Métodos de ajuste e procedimentos de seleção de funções probabilísticas para modelar a distribuição diamétrica em floresta nativa de araucária. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 969-980, jul./set. 2017.

PAULA, G. A. **Modelos de regressão com apoio computacional**. São Paulo: IME-USP, 2004. 245 p.

PRODAN, M. *et al.* **Mensura Florestal**. 1. ed. San José, C.R: IICA, 1997. 586 p.

RIBEIRO, R. B. S.; GAMA, J. R. V.; MELO, L. O. Seccionamento para cubagem e escolha de equações de volume para a floresta nacional do Tapajós. **Cerne**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 605-612. 2014.

SALES, A. *et al.* Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia legal. **Colloquium Agrariae**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 01-15, jan./mar. 2018.

SANTOS, I. S.; SALIM, S.; PEREIRA, P. C. G. Caracterização do reflorestamento de paricá na microrregião de Paragominas-PA. **Agroecossistemas**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 145-158. 2018.

SCHWARTZ, G. *et al.* Enrichment planting in logging gaps with *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby: A financially profitable alternative for degraded tropical forest in the Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 390, p. 166-172. 2017.

SILVA, A. R.; SALES, A. Crescimento e produção de parica em diferentes idades e sistemas de cultivo. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 5, n. 1, p. 231-235, 2018.

SILVA, A. R. *et al.* Estoque de carbono e mitigação de metano produzido por bovinos em sistema de integração pecuária-floresta (IPF) com eucalipto no sudeste paraense. **Brazilian Journal os Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 39997-40016, abr. 2021.

SILVA, G. F. *et al.* Rendimento em laminação de madeira de paricá na região de Paragominas, Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 447-455, abr/jun., 2015.

SILVA, J. M. L. *et al.* **Avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Abel Figueiredo, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 23 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 132).

SILVA, M. T. S. *et al.* Análise econômica dos sortimentos em povoamentos de *Pinus elliotti* sob regeneração espontânea em diferentes densidades iniciais. **Revistaft**, v. 27, 2023.

SIVIERO, M. A. *et al.* Manejo de florestas naturais degradadas na Amazônia: **estudo de caso sobre critérios de colheita**. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 43-59, jan./mar. 2020.

SOUZA, C. R. *et al.* **Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*** (Huber x Ducke) Barneby. Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 12 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 18).

SOUZA, H. S. *et al.* Modelos hipsométricos para eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Nativa**, v. 4, n. 1, p. 11-14, jan./fev. 2016.

TÉO, S. J. *et al.* Modelos de afilamento para *Pinus elliottii* em diferentes idades, na região de caçador, SC. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 439-452, jul./set. 2013.

TÉO, S. J.; MIGUEL, E. P.; NASCIMENTO, R. G. M. Modelos de afilamento e forma dos fustes de eucalipto, em diferentes qualidades de sítio. **Nativa**, Sinop, v. 6, p. 831-841, dez. 2018.

VIDAURRE, G. B. *et al.* Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

VIEIRA, A. H. (ed.). **Sistema de produção de bandarra para o Estado de Rondônia**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2007. 18 p.

VIEIRA, M. C.; BRITO, E. O.; GONÇALVES, F. G. Evolução econômica do painel compensado no Brasil e no mundo. **Floresta e Ambiente**, v. 19(3), p. 277-285, jul./set. 2012.

YOSHITANI JUNIOR, M. *et al.* Funções de afilamento para plantios desbastados de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 169-176, jan./mar. 2012.