



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**RODRIGO CAVALCANTE PASSOS DA SILVA**

**SORTIMENTO DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO EM REGIME DE  
TALHADIA, PARA PRODUÇÃO DE MOIRÕES, LOCALIZADO EM SEROPÉDICA,  
RJ**

Prof. HUGO BARBOSA AMORIM  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO – 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**RODRIGO CAVALCANTE PASSOS DA SILVA**

**SORTIMENTO DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO EM REGIME DE  
TALHADIA, PARA PRODUÇÃO DE MOIRÕES, LOCALIZADO EM SEROPÉDICA,  
RJ**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. HUGO BARBOSA AMORIM  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO – 2019

**SORTIMENTO DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO EM REGIME DE  
TALHADIA, PARA PRODUÇÃO DE MOIRÕES, LOCALIZADO EM SEROPÉDICA,  
RJ**

**RODRIGO CAVALCANTE PASSOS DA SILVA**

APROVADA EM: 25 de novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. HUGO BARBOSA AMORIM – UFRRJ/IF/DS

Orientador

---

Prof. Dr. EMANUEL JOSÉ GOMES DE ARAÚJO – UFRRJ/IF/DS

Membro

---

Prof. Dr. FRANCISCO JOSÉ DE BARROS CAVALCANTE – UFRRJ/IF/DS

Membro

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família, meu maior suporte em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

Minha gratidão maior vai para todos os meus professores, não só os da UFRRJ, mas todos os que, com paciência e dedicação me incentivaram desde o período escolar.

Agradeço imensamente aos meus pais, Luiz e Valcira, que com muitas dificuldades me proporcionaram uma educação de qualidade.

Agradeço ao professor Hugo por estar sempre pronto a me ajudar em minhas empreitadas profissionais (apesar de ser estudante ainda), me mostrando como um engenheiro florestal se coloca no mercado de trabalho.

Agradeço meus amigos e companheiros de república, David, João, Gabriel, Roberto, André, Lara, Michele, Gabi, Karem, Gabirú, que foram minha segunda família durante anos de convivência.

Sou muito grato aos amigos que me ajudaram na coleta dos dados deste trabalho, Gustavo, Ana Paula e Caio.

Agradeço de coração a todos os profissionais da instituição UFRRJ, por sempre estarem solícitos a me ajudar com meus problemas (que não foram poucos), pessoais e acadêmicos.

E para com a UFRRJ, eu tenho uma gratidão especial por ser uma grande mãe na minha vida, me ensinando a ser um ser humano melhor em todos os aspectos e me proporcionando os melhores anos de minha vida até hoje.

## RESUMO

Objetivou-se no presente trabalho, avaliar o sortimento de um povoamento de eucalipto em regime de talhadia. Os produtos de interesse resultantes do sortimento foram moirões de 8 cm a 12 cm de diâmetro e 2,20 m de comprimento. Foram selecionadas 57 árvores para a cubagem rigorosa, sendo distribuídos em 8 classes diamétricas, com amplitude entre classes de 2 cm, e 5 cm de diâmetro mínimo de inclusão. A partir da cubagem rigorosa, foram realizados o ajuste de modelos volumétricos e função de forma. O modelo volumétrico selecionado foi o de Schumacher & Hall e a função de forma ajustada para o sortimento foi a de Kozak. O resultado do sortimento mostrou que o povoamento inventariado pode fornecer moirões na razão de 20,6%, do comprimento total das árvores e 37,9% do volume. O melhor desempenho ocorreu no intervalo de diâmetro de 10,9 a 14,9 cm e 11,5 a 19,5 m de altura.

**Palavras-chave:** Cubagem, volumetria, multiprodutos.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the assortment of eucalyptus stands under coppicing. The products of interest resulting from the assortment were 8 cm to 12 cm diameter and 2.20 m long willows. Fifty-seven trees were selected for rigorous cubing, being distributed in 8 diameter classes, with amplitude between classes of 2 cm and 5 cm of minimum inclusion diameter. From rigorous cubing, volumetric models and shape functions were adjusted. The volumetric model selected was that of Schumacher & Hall and the shape-adjusted function for the assortment was that of Kozak. The result of the assortment showed that the stocking can provide moirons in the proportion of 20.6%, of the total length of the trees and 37.9% of the volume. The best performance occurred in the diameter range of 10.9 to 14.9 cm and 11.5 to 19.5 m in height.

**Keywords:** Cubing, volumetry, assortment.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	1
2.1. Volume individual das árvores .....	1
2.2. Equações volumétricas .....	2
2.3. Função de forma ou de afilamento do fuste.....	2
3. METODOLOGIA.....	3
3.1. Localização e principais características do povoamento .....	3
3.2. Coleta de dados.....	5
3.2.1 Determinação da intensidade amostral.....	5
3.2.2 Dados coletados.....	5
3.3. Processamento dos dados.....	7
3.3.1. Volume individual das árvores.....	7
3.3.2. Modelos volumétricos a serem testados .....	7
3.3.3. Critérios para a seleção do melhor modelo volumétrico .....	7
3.3.4. Modelo para estimar o afilamento do fuste das árvores.....	7
3.3.5. Afilamento.....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
4.1. Composição da amostra e comportamento das variáveis .....	9
4.2. Determinação da equação de volume .....	11
4.2.1. Estatística básicas dos modelos avaliados .....	11
4.2.2. Distribuição dos resíduos dos modelos avaliados .....	11
4.2.3. Escolha do melhor modelo volumétrico.....	13
4.3. Ajuste do modelo de afilamento .....	13
4.4. Sortimento.....	13
5. CONCLUSÕES .....	15
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16

## **1. INTRODUÇÃO**

Em 2018 o Brasil possuía 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, sendo o setor brasileiro de árvores plantadas responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB Industrial no País e, também, é um dos segmentos com maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde (IBÁ, 2019), sendo um setor de grande importância para a economia do país.

Para o setor florestal, o conhecimento adequado do estoque de madeira é importante para a realização de planejamento a médio e longo prazo (CABACINHA, 2003), assim como para suprir a demanda crescente por produtos madeireiros. Nesse contexto, conhecer o volume de madeira disponível é vital para o funcionamento eficiente de qualquer empresa do setor.

O volume constitui uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial disponível em um povoamento florestal, haja vista que o volume individual fornece subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas (THOMAS et al., 2006).

De acordo com Mendonça et al. (2014), o foco das empresas florestais tem se voltado para a obtenção de multiprodutos em seus povoamentos. Com isso, as empresas antes voltadas à produção de matéria-prima para um determinado mercado consumidor, passam a obter produtos diferenciados durante a rotação dos povoamentos.

Para Scolforo (2005), afilamento, forma, “taper” ou adelgamento é definido como a taxa de decréscimo em diâmetro que ocorre ao longo do tronco da árvore. A representação matemática desse fenômeno é possível através do uso de modelos que retratam o perfil do fuste. Pode-se assim estimar, os diâmetros correspondentes a quaisquer alturas das árvores, assim como as alturas correspondentes a quaisquer diâmetros. Portanto, pode-se com equações de afilamento estimar os múltiplos produtos da madeira das árvores, bastando para tal definir os comprimentos desejados e os diâmetros mínimos a eles associados.

A descrição e classificação dos fustes de forma otimizada, segundo sua qualidade, suas dimensões e suas possibilidades de utilização, garante, além da classificação física, melhor remuneração da madeira, com a destinação de toras de diversas bitolas ao mercado específico (SOUZA, 2007).

Conhecer como se desenvolve o sortimento de um povoamento florestal ao longo dos anos é uma importante ferramenta para o planejamento da produção florestal, pois permite um melhor aproveitamento da madeira reduzindo o volume de resíduos gerados e aumentando os lucros. Planos de manejo mais adequados podem ser elaborados com base nesses estudos, auxiliando o manejador florestal a tomar decisões mais seguras acerca de quando e como devem ser realizadas as intervenções na floresta, atendendo às exigências do mercado (KOHLENER et al., 2015).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o sortimento de um povoamento de eucalipto em regime de talhadia, visando aproveitamento para moirões.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Volume individual das árvores**

A variável volume constitui uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial florestal disponível em uma região, sendo que o volume individual fornece um ponto de partida para avaliação do conteúdo lenhoso dos povoamentos florestais (MACHADO, 2002).

O volume de uma árvore pode ser obtido através do seu abate (método destrutivo), e posterior secção do seu fuste em partes menores, calculando-se o volume de cada secção, ou

com a árvore em pé (método não destrutivo), através de equações ou fatores utilizados para converter o volume cilíndrico em volume real.

Dentre os vários métodos de obtenção do volume dos fustes das árvores, entretanto, o método de cubagem através do xilômetro é o único que fornece o valor paramétrico do volume, ou seja, o volume verdadeiro. Os demais métodos de cubagem conhecidos resultam do uso de expressões matemáticas que estimam com certa acuracidade o valor paramétrico do volume do fuste da árvore ou parte dele (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2006).

Tendo em vista os métodos de medição existentes, sabe-se que o tronco de uma árvore se assemelha a determinados sólidos geométricos. A base da árvore se assemelha a um neilóide, a face intermediária a uma parabolóide e a extremidade final a um cone (GOMES, 1957; CAMPOS, 1988; SCOLFORO & FIGUEIREDO FILHO, 1993; NICOLETTI et al., 2012).

Cubagem rigorosa é o método mais utilizado, consistindo na determinação do volume real de árvores através da divisão do fuste em n seções (toras) e do cálculo do volume de cada uma dessas toras. As fórmulas mais difundidas na literatura nesse procedimento são as fórmulas de Huber, Smalian, e Newton, sendo a de Smalian a mais utilizada, como pode ser verificado em Couto e Bastos (1987) e Machado e Figueiredo Filho (2006).

A cubagem rigorosa, conforme FAO (1973, apud BELCHIOR, 1996), é o método direto de estimação do volume de árvores mais utilizado na rotina de inventários florestais e consiste na medição sucessiva de diâmetros ao longo do tronco, dividindo-o em seções.

## **2.2. Equações volumétricas**

A estimativa de volume de madeira em povoamentos florestais de eucalipto é de fundamental importância e imprescindível para o planejamento e monitoramento dos plantios comerciais, especialmente em estudos de crescimento e produção, bem como para quantificação de multiprodutos. Dessa forma, utilizam-se equações em qualquer procedimento de estimativa do volume da árvore (CAMPOS & LEITE et al., 2013).

Segundo Couto e Bastos (1987) as primeiras tabelas de volume para espécies do gênero *Eucalyptus* publicadas no Brasil foram feitas por Andrade (1961) e Heinsdijk (1965). Veiga (1984) afirma que apesar dos bons resultados que comprovadamente são obtidos na estimativa do volume de madeira através de equações o seu uso era pouco frequente, por causa das dificuldades de cálculo e desconhecimento sobre o assunto por parte de técnicos ligados à área florestal.

Para Gomes e Garcia (1993), as equações para a determinação de volume sólido de essências florestais são de uso geral e indispensável na silvicultura. Como todas elas são empíricas faz-se necessário ajustá-las com frequência para adaptá-las a diferentes espécies, idades, distribuição e regiões.

Muitos modelos matemáticos foram sendo criados e testados para o ajuste de equações de volume. Apesar do uso ter consagrado alguns desses modelos, nenhum deles será sempre o de melhor performance para todas as espécies e condições. Por isto, é recomendável testar vários deles para, através de análises estatísticas, identificar o melhor para cada caso (MACHADO et al., 2002).

## **2.3. Função de forma ou de afilamento do fuste**

Independente das irregularidades das seções transversais dos troncos, as árvores possuem determinado tipo de forma de tronco que varia com a espécie e em função de vários fatores como o sítio, a densidade do povoamento, a intensidade do vento que age sobre a copa das árvores, e as intervenções silviculturais aplicadas aos povoamentos, como os desbastes e a desrama (SCHNEIDER, 1993).

Forma de tronco, ou "taper" tem sido definida como o decréscimo em diâmetro da base de um tronco para a sua extremidade superior (FORD-ROBERTSON, 1971 apud LIU, 1971). Uma função de forma é uma descrição matemática do perfil longitudinal de um tronco. Assumindo-se que a secção transversal seja circular em qualquer ponto ao longo do tronco, o seu volume pode ser obtido por integração daquela função (AHRENS, 1982).

Devido à incerteza da forma do fuste, uma alternativa para calcular o seu volume é o emprego do fator de forma, definido pela razão entre o volume do fuste e o volume de um cilindro de altura igual à altura da árvore e com diâmetro igual ao diâmetro a 1,30 metros do solo (DAP) da árvore (CAMPOS & LEITE, 2009).

Os dados para o ajuste de equações volumétricas e de taper são obtidos no corte de árvores-amostra, onde são medidos os diâmetros com e/ou sem casca ao longo do fuste, bem como as alturas em que estes ocorrem, além da altura total. Essas árvores devem estar dispersas pela população-objeto, de modo a assegurar a representatividade da amostra a ser utilizada (CAMPOS & LEITE, 2013).

Estudos de função de forma baseiam-se em equações que permitem estimar o diâmetro em qualquer altura ao longo do fuste, conseqüentemente servem para estimar a altura que determinado diâmetro ocorre (CAMPOS & LEITE, 2009).

De acordo com Tong e Zhang (2008, apud ROSSI, 2015), o fator de forma ainda é utilizado como um importante parâmetro externo para definir a qualidade do fuste, da mesma maneira que o afilamento acentuado está relacionado a um baixo aproveitamento da madeira serrada e propriedades mecânicas ruins, além do alto custo de processamento.

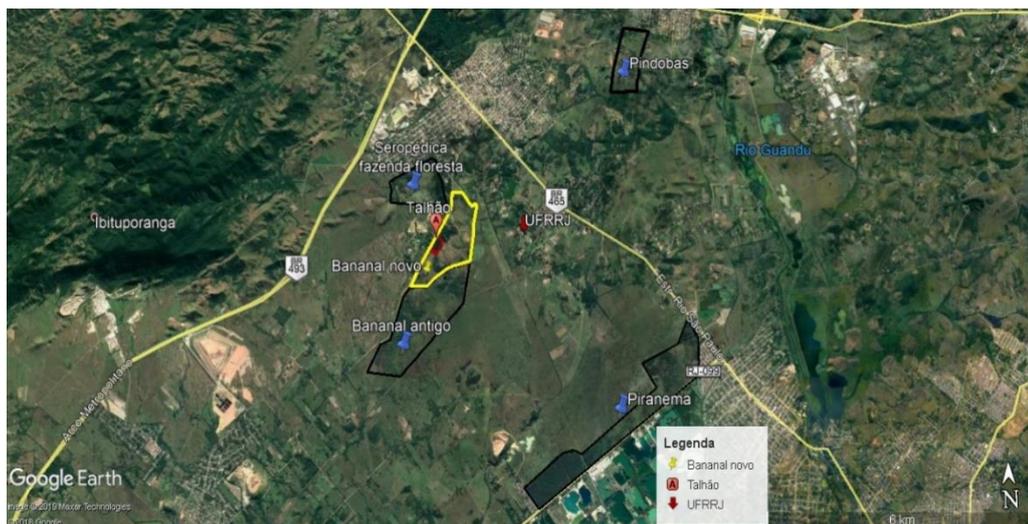
### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Localização e principais características do povoamento**

A área de estudo do presente trabalho, localiza-se no campus da UFRRJ, no município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro. O clima na região é predominantemente quente e úmido, sem inverno pronunciado e cujo regime pluviométrico é assinalado pela existência de um período chuvoso no verão e estiagem no inverno (RAMOS et al., 1973), e possui temperatura média anual de 23°C (ESPÍNDOLA et al., 2018). Com altitudes que variam entre 18 a 25 metros, o campus da UFRRJ possui basicamente três tipos de solo: Planossolo; Podzólico vermelho-amarelo e Gleyssolo pouco húmico (RAMOS et al., 1973).

O talhão onde os dados foram coletados, pertence à localidade denominada Bananal Novo, parte de um plantio de eucalipto, implantado no campus Seropédica da UFRRJ, na década de 1990, pela empresa Saint Gobain Canalizações (Antiga Cia. Metalúrgica Barbará) que sofreu seu último corte em 2005 e não teve condução adequada da rebrota.

A Figura 1 mostra a distribuição dos plantios no campus da UFRRJ, a Tabela 1 indica a área ocupada pelos mesmos e a Figura 2 mostra o talhão A, onde os dados foram coletados.



**Figura 1:** Localização dos povoamentos de eucalipto implantados no campus da UFRRJ.

**Tabela 1:** Área ocupada pelos plantios de eucalipto existentes no campus da UFRRJ.

<b>Localização</b>	<b>Plantio</b>	<b>Área (ha)</b>
Fazenda Floresta	Primeiro	86,6995
Reta de Piranema	Primeiro	255,66
Bananal antigo	Primeiro	219,74
Pindobas	Primeiro	35,57
Bananal novo	Segundo	115,32
<b>Total</b>	<b>Primeiro + Segundo</b>	<b>712,9895</b>



**Figura 2:** Localização do talhão A, onde os dados foram coletados.

### 3.2. Coleta de dados

#### 3.2.1 Determinação da intensidade amostral

No talhão A já havia sido realizado um inventário, onde foram mensuradas 6 unidades amostrais, cujos dados serviram para a determinação da amostra (número de árvores) utilizada no presente trabalho. A Tabela 2 mostra a distribuição da frequência dos diâmetros das árvores das unidades amostrais em classes. A partir dessas informações estabeleceu-se que seriam coletados dados em 8 árvores por classe de diâmetro, totalizando 64 árvores.

**Tabela 2:** Distribuição da frequência dos diâmetros em classes das árvores mensuradas nas unidades amostrais do inventário realizado no talhão A.

Classes	Unidade Amostral						Total	Árvores Mensuradas
	1	2	3	4	5	6		
5-7	15	5	5	15	13	8	61	8
7-9	5	9	6	11	4	4	39	8
9-11	7	3	4	2	3	6	25	8
11-13	4	6	6	5	4	2	27	8
13-15	5	3	2	7	7	2	26	8
15-17	6	2	9	10	8	5	40	8
17-19	7	7	7	8	1	9	39	8
19-21	2	4	4	3	1	2	16	8
21-23	0	0	2	1	1	0	4	
> 23	0	2	0	0	0	0	2	
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>62</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>279</b>	<b>64</b>

#### 3.2.2 Dados coletados

Os dados coletados nas árvores selecionadas para compor a amostra, compõe os procedimentos da cubagem rigorosa, onde foram mensurados os diâmetros com casca e sem casca, nas seguintes alturas: 0,3m; 0,5m; 0,8m; 1,3m e de metro a metro até o diâmetro mínimo de 5cm, sendo também obtido o valor da altura total da árvore. As Figuras 3 a 5 mostram diversas fases da coleta dos dados.



**Figura 3:** Secção do fuste abatido.



**Figura 4:** Medição dos diâmetros com e sem casca.



**Figura 5:** Indivíduo abatido e seccionado.

### 3.3. Processamento dos dados

#### 3.3.1. Volume individual das árvores

A partir dos dados coletados nas unidades amostrais (diâmetros mensurados a alturas específicas de 0,30; 0,50; 0,80; 1,3 m afim de diminuir o erro na parte basal da árvore, e a partir desse ponto, a cada metro até o diâmetro mínimo de 5 cm), foram calculados os volumes das seções que compõe as árvores utilizando a fórmula de Smalian (exceção-se o toco, calculado como um cilindro e a ponta calculado como um cone). A soma dos volumes das seções de cada árvore resultou na obtenção do volume total das mesmas (com e sem casca) que, juntamente com o DAP e Ht, constituem o conjunto de informações utilizados para a determinação do modelo volumétrico que melhor representa esse conjunto de dados.

#### 3.3.2. Modelos volumétricos a serem testados

Os modelos volumétricos selecionados para obtenção daquele que melhor representa as árvores do povoamento inventariado, foram os seguintes:

- Modelo linearizado de Schumacher e Hall:

$$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP_i + \beta_2 \ln Ht_i + \varepsilon$$

Onde:  $\ln V$  = logaritmo neperiano do volume total da árvore;  $\ln DAP$  = logaritmo neperiano do DAP da árvore;  $\ln Ht$  = logaritmo neperiano da altura total da árvore.

- Modelo da variável combinada de Spurr

$$V = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 \cdot Ht + \varepsilon$$

Onde:  $V$  = volume total da árvore;  $DAP^2 \cdot Ht$  = variável combinada diâmetro a altura do peito ao quadrado ( $DAP^2$ ), multiplicado pela altura total ( $Ht$ ).

#### 3.3.3. Critérios para a seleção do melhor modelo volumétrico

Para avaliar a qualidade do ajuste dos modelos foram utilizados os seguintes parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ), erro padrão da estimativa relativo ( $Sy_x\%$ ), significância dos coeficientes pelo teste  $t$  ( $\alpha=0,05$ ) e distribuição dos resíduos.

#### 3.3.4. Modelo para estimar o afilamento do fuste das árvores

O modelo utilizado para a estimar o afilamento do fuste das árvores foi proposto por Kozak (CAMPOS & LEITE, 2013), representado pela seguinte função:

$$\left(\frac{d_i}{DAP}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{Ht}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{Ht}\right)^2 + \varepsilon$$

Onde:  $d_i$  = diâmetro nas diferentes alturas  $h_i$ ;  $DAP$  = diâmetro à altura do peito;  $h_i$  = altura onde é mensurado o diâmetro  $d_i$ ;  $Ht$  = altura total da árvore;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  são coeficientes do modelo;  $\varepsilon$  é o erro aleatório.

### 3.3.5. Afilamento

O sortimento das árvores foi efetuado com a utilização do modelo de Kozak, buscando obter o número de moirões de cada árvore, que atendam às seguintes especificações:

- Diâmetro mínimo = 8 cm, sem casca;
- Diâmetro máximo = 12 cm, sem casca.
- Comprimento do moirão = 2,2 metros

Por ser um povoamento sem manutenção, como mostram as figuras 6 e 7, os fustes analisados apresentavam muitos defeitos em sua base. Conforme Ferreira e Amorim (2002), com a aplicação do modelo de Kozak em povoamento de eucalipto localizado no campus da Universidade Rural, os melhores resultados foram obtidos quando se considerou a parte do fuste delimitada pelo DAP e o diâmetro mínimo de mensuração de 5 cm. Acatando essa sugestão, os dados utilizados para a determinação do modelo de afilamento dos fustes consideraram apenas os valores dentro desses limites.



**Figura 6:** Base defeituosa.



**Figura 7:** Base defeituosa.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Composição da amostra e comportamento das variáveis

Em função de problemas operacionais, foram abatidas e mensuradas 57 árvores, ao invés das 64 previstas no dimensionamento da amostra. Os dados de DAP e altura total são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3:** Dados das árvores que compuseram a amostra

Árvore	DAP	Ht	Árvore	DAP	Ht	Árvore	DAP	Ht
1	8,0	11,3	20	12,1	16,0	39	20,1	14,8
2	6,0	8,5	21	12,8	19,0	40	9,6	12,5
3	15,5	15,3	22	9,0	11,2	41	18,0	19,5
4	5,5	7,3	23	9,8	9,6	42	13,6	18,5
5	6,9	9,3	24	13,0	13,6	43	15,8	16,3
6	6,0	7,5	25	10,2	13,6	44	5,0	6,5
7	8,1	9,5	26	9,0	12,1	45	14,5	17,8
8	10,5	12,9	27	11,5	14,5	46	13,3	14,2
9	5,0	7,9	28	9,2	11,6	47	10,5	12,0
10	8,0	11,7	29	8,2	11,8	48	14,5	12,0
11	6,0	8,5	30	12,0	11,8	49	9,1	10,0
12	5,0	7,6	31	10,5	11,8	50	14,1	10,0
13	7,5	9,8	32	14,0	16,8	51	14,0	10,0
14	12,2	13,4	33	17,5	18,0	52	15,5	17,3
15	5,4	8,3	34	16,5	16,4	53	19,0	18,5
16	11,0	12,6	35	15,5	15,6	54	8,5	9,4
17	7,0	10,5	36	17,0	14,5	55	16,2	17,9
18	5,5	9,1	37	11,0	11,5	56	18,5	17,6
19	6,3	10,2	38	17,7	16,5	57	9,5	17,6

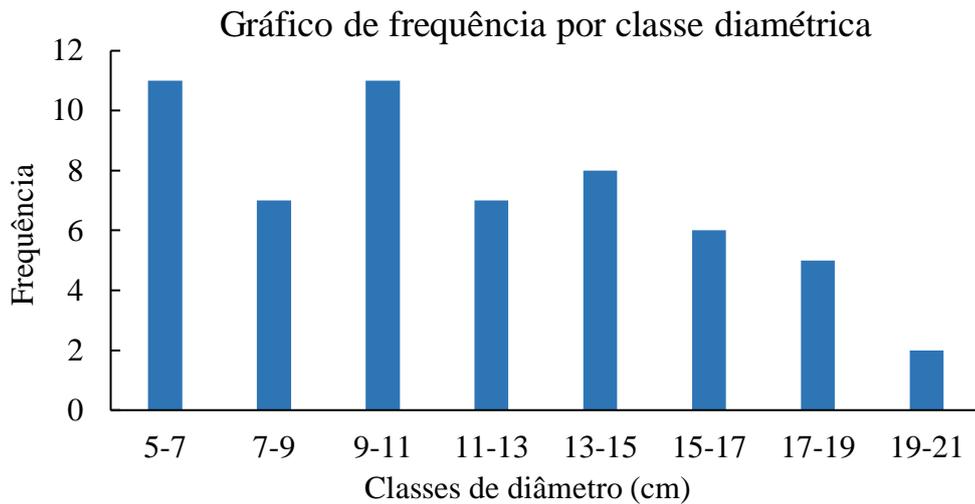
Onde: DAP = diâmetro a 1,30 metros do solo (cm); Ht = altura total (m).

A Tabela 4 mostra a distribuição da frequência dos diâmetros em classes e a Figura 8, a versão gráfica dessa distribuição. A Figura 9 mostra a relação DAP x Ht das árvores da amostra cujo coeficiente de correlação apresenta o valor igual a 0,89 mostrando haver uma relação linear satisfatória entre as variáveis DAP e altura total.

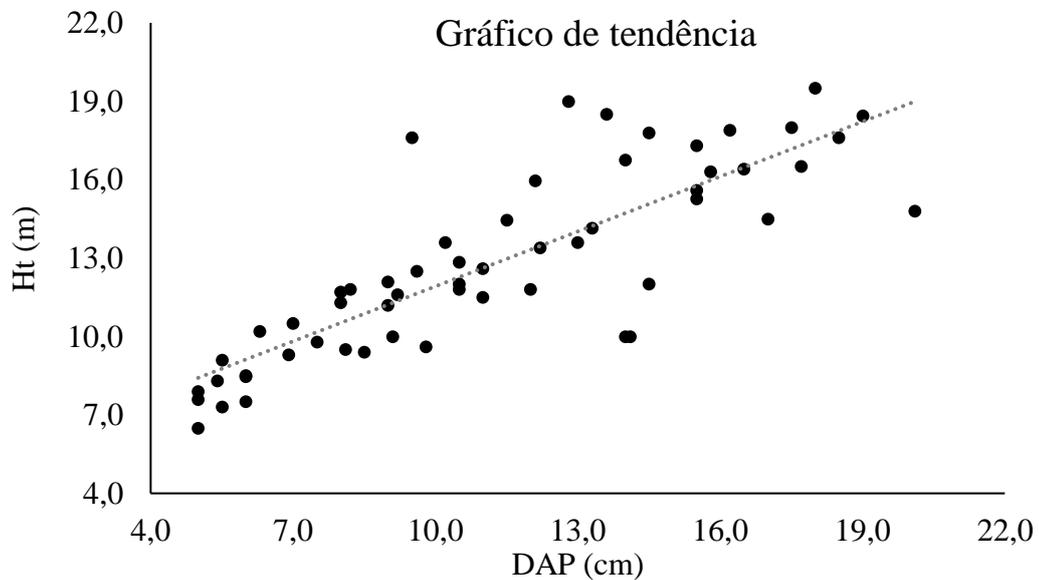
**Tabela 4:** Distribuição da frequência dos diâmetros em classes.

Classes de DAP (cm)	Frequência
5 - 7	11
7 - 9	7
9 - 11	11
11 - 13	7
13 - 15	8
15 - 17	6
17 - 19	5
19 - 21	2
<b>Total</b>	<b>57</b>

Onde: DAP = diâmetro a 1,30 metros do solo (cm).



**Figura 8:** Distribuição da frequência dos diâmetros em classes.



**Figura 9:** Gráfico de tendência da relação DAP x Ht das árvores que compõe a amostra.

## 4.2. Determinação da equação de volume

### 4.2.1. Estatística básicas dos modelos avaliados

A Tabela 5 mostra as estatísticas dos modelos selecionados para determinação da equação volumétrica e a Tabela 6 as estatísticas referentes significância dos coeficientes.

**Tabela 5:** Estatísticas básicas dos modelos avaliados.

Modelo	Casca	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	R <sup>2</sup> aj.	Syx%
Schumacher e Hall	Com casca	-9,92459	1,90795	1,0030	0,9865	16,04
	Sem casca	-9,95721	1,85441	1,0586	0,9867	15,67
Spurr	Com casca	-0,001685	0,000040	-	0,9741	14,30
	Sem casca	-0,000324	0,000039	-	0,9498	13,70

Onde:  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = coeficientes dos modelos; R<sup>2</sup>aj. = coeficiente de determinação ajustado; Syx% = erro padrão da estimativa em porcentagem.

**Tabela 6:** Estatísticas vinculadas à significância dos coeficientes dos modelos.

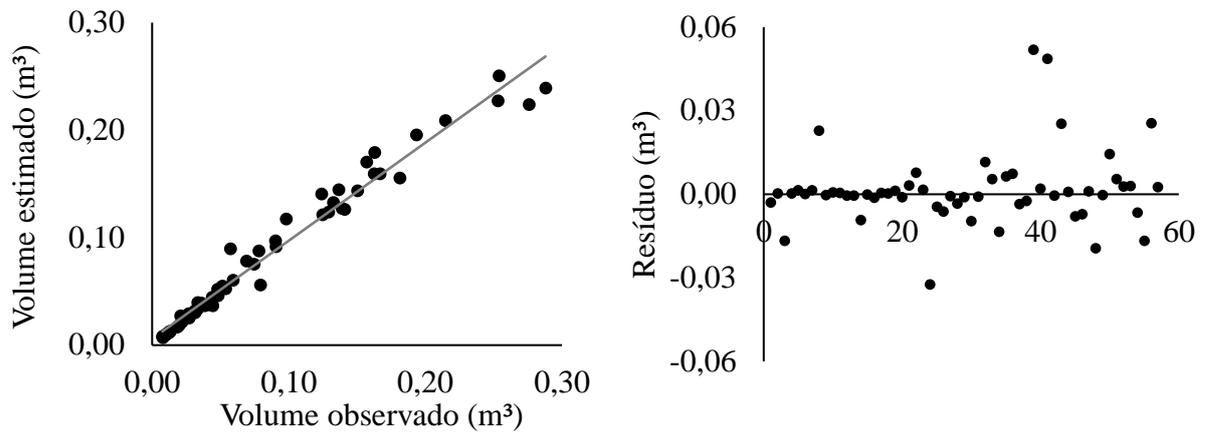
<b>Modelo de Schumacher e Hall com casca</b>				
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
$\beta_0$	-9,924597	0,170716	-58,135169	2,218E-50
$\beta_1$	1,907956	0,107607	17,730733	3,5605E-24
$\beta_2$	1,002952	0,148698	6,744906	1,0611E-08
<b>Modelo de Schumacher e Hall sem casca</b>				
$\beta_0$	-9,95721	0,18646	-53,40271	2,0334E-48
$\beta_1$	1,85442	0,10426	17,78709	3,7449E-24
$\beta_2$	1,05868	0,14913	7,09893	2,8487E-09
<b>Modelo de Spurr com casca</b>				
$\beta_0$	-0,001685	0,002491	-0,676535	0,501537
$\beta_1$	0,000040	0,000001	45,909943	1,5275E-45
<b>Modelo de Spurr sem casca</b>				
$\beta_0$	-0,000324	0,001771	-0,183161	0,855345
$\beta_1$	0,000039	0,000001	49,529740	2,5806E-47

Onde:  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = coeficientes dos modelos.

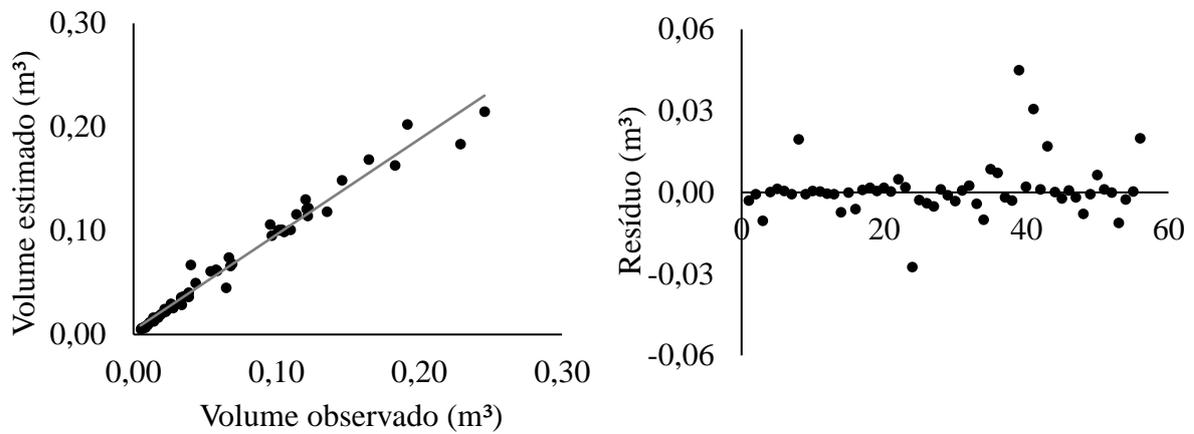
### 4.2.2. Distribuição dos resíduos dos modelos avaliados

Como os modelos possuem variáveis independentes de diferentes escalas de valor (LnV e V), para a comparação da distribuição dos resíduos dos mesmos, optou-se pela transformação

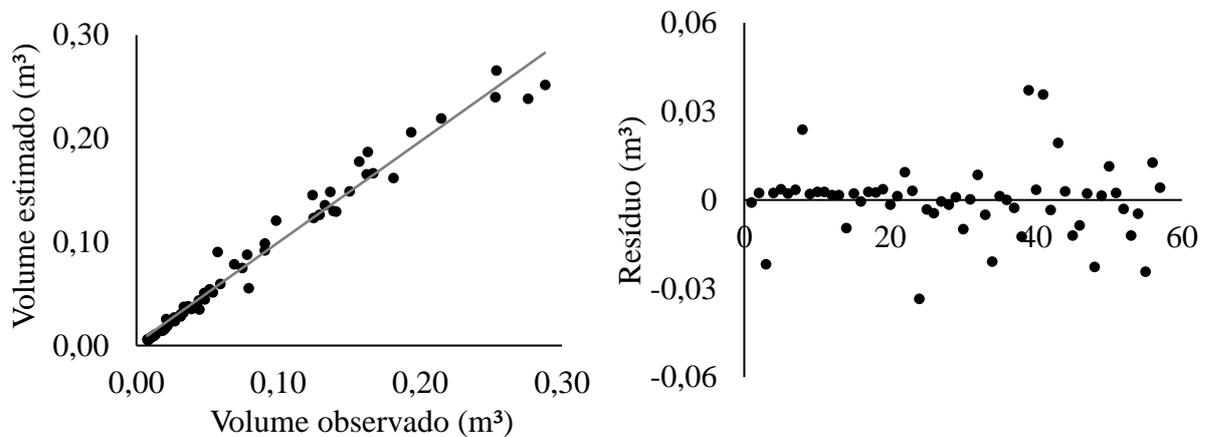
da variável  $\ln V$  em  $V$ . As Figuras 10 a 13 mostram o comportamento  $V_{\text{observado}} \times V_{\text{estimado}}$  e distribuição dos resíduos dos modelos sob avaliação.



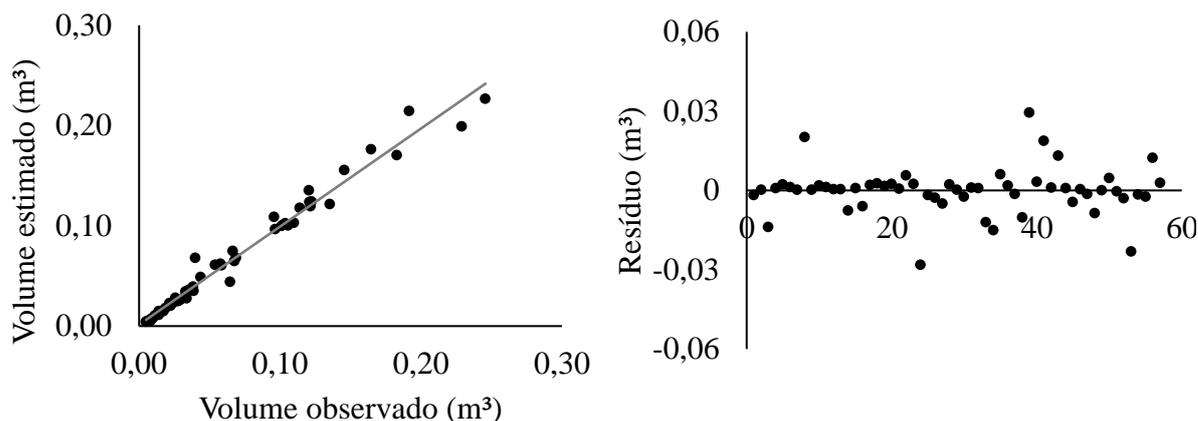
**Figura 10:** Relação volume observado x volume estimado e distribuição dos resíduos do modelo de Schumacher e Hall com casca.



**Figura 11:** Relação volume observado x volume estimado e distribuição dos resíduos do modelo de Schumacher e Hall sem casca.



**Figura 12:** Relação volume observado x volume estimado e distribuição dos resíduos do modelo de Spurr com casca.



**Figura 13:** Relação volume observado x volume estimado e distribuição dos resíduos do modelo de Spurr sem casca.

#### 4.2.3. Escolha do melhor modelo volumétrico

Avaliando-se as informações oriundas das estatísticas dos modelos, verifica-se que o modelo de Schumacher e Hall apresentam melhor  $R^2$  ajustado, contrabalançado pelo fato que o modelo de Spurr apresentar o menor erro padrão percentual.

Com relação à significância dos coeficientes para a probabilidade de 95%, os coeficientes do modelo de Schumacher e Hall atendem a essa exigência. Já o modelo de Spurr mostra que os coeficientes  $\beta_0$  não atendem a essa exigência. Quanto à distribuição dos resíduos, não existe uma clara prevalência de um modelo sobre o outro.

O conjunto desses fatores analisados mostram que os dois modelos podem ser considerados iguais quanto à qualidade de suas estimativas, havendo, no entanto, ligeira vantagem do modelo de Schumacher e Hall sobre o de Spurr. Dessa forma, esse fica eleito como o melhor modelo.

#### 4.3 Ajuste do modelo de afilamento

Considerando a sugestão de Ferreira e Amorim (2002), a aplicação do modelo de Kozak et al. (1969) considerou a parte do fuste delimitada pelo DAP e o diâmetro mínimo de mensuração de 5 cm, apresentado o  $R^2$ aju. de 0,846 e  $Sy_x$  de 0,085, além dos demais parâmetros apresentados na Tabela 7. Esses resultados mostram que o ajuste foi satisfatório ( $R^2$ ) e que todos os coeficientes são significativos (valor-P).

**Tabela 7:** Parâmetros dos coeficientes para o ajuste do modelo de Kozak.

	<b>Coefficientes</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Stat t</b>	<b>valor-P</b>	
	$\beta_0$	0,86266	0,01360	63,3988	3,125E-251
	$\beta_1$	-1,30049	0,06691	-19,4344	4,453E-64
	$\beta_2$	0,48798	0,07040	6,93143	1,2106E-11

Onde:  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = coeficientes do modelo.

#### 4.4 Sortimento

Após a determinação do modelo de afilamento para ser aplicado no sortimento das árvores mensuradas, com a finalidade de obter mourões com as seguintes especificações:

- Diâmetro mínimo = 8 cm, sem casca;
- Diâmetro máximo = 12 cm, sem casca.
- Comprimento do moirão = 2,2 metros

Foram obtidos os seguintes resultados:

- Árvores aptas a fornecerem mourões:

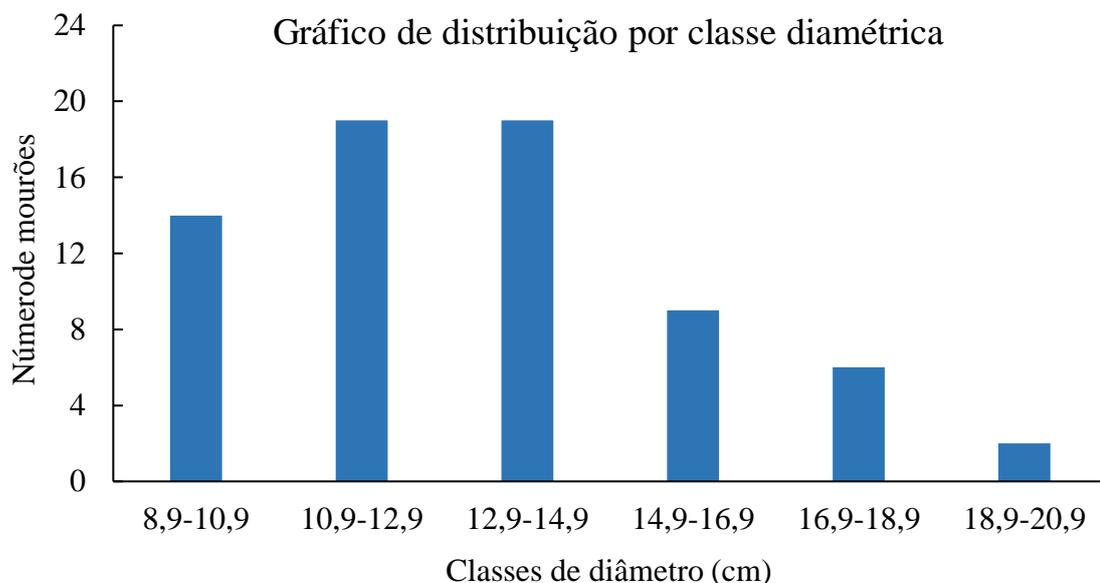
Das 57 árvores da amostra, apenas 38 (66,6%) apresentam condições para fornecerem mourões para as dimensões especificadas. Essas árvores apresentam as seguintes dimensões: diâmetro c/c mínimo de 9,0 cm e altura total de 9,60 m.

- Número de mourões e porcentagem de aproveitamento em relação ao comprimento e volume:

As 57 árvores forneceram 69 mourões. Comparando-se a soma das alturas totais dessas árvores com a soma dos comprimentos dos mourões, obtém-se o índice de 20,6%, ou seja, essa é a porcentagem do comprimento total dos fustes que é transformado em mourões. O mesmo procedimento em relação ao volume, mostra que 37,9 % do volume total com casca é transformado em volume sem casca dos mourões.

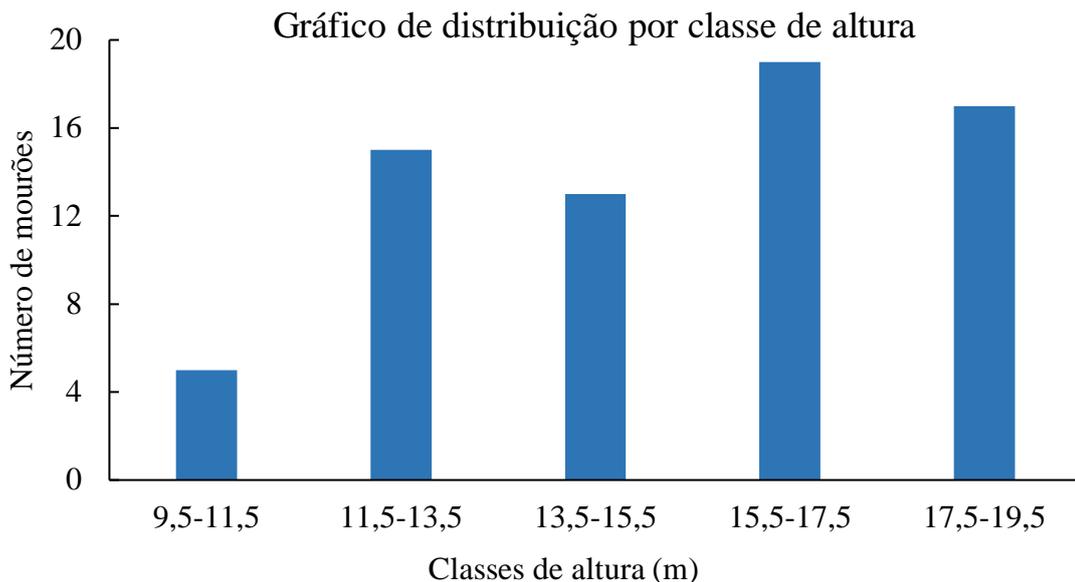
- Distribuição do número de mourões em relação às classes de diâmetro e altura

A Figura 14 mostra a distribuição da frequência do número de mourões por classes de diâmetro, onde os maiores valores situam-se no intervalo de 10,9 a 14,9 cm de DAP. A partir desses valores, o número de mourões decresce por árvore, pois a parte inferior das mesmas, por serem mais grossas não atendem as especificações das dimensões dos mourões.



**Figura 24:** Distribuição da frequência dos mourões por classe de diâmetro.

Com relação a altura, a Figura 15 mostra que a maior frequência de mourões ocorreu na classe 15,5 a 17,5 m.



**Figura 15:** Distribuição da frequência dos mourões por classe de altura.

Quando se analisa conjuntamente a frequência dos mourões em relação a diâmetro e altura, verifica-se que o melhor desempenho ocorreu no intervalo de diâmetro de 10,9 a 12,9 e 12,9 a 14,9 cm e 11,5 a 19,5 m de altura, como mostra a Tabela 8.

**Tabela 8:** Distribuição do número de mourões em classes de diâmetro e altura.

Classes de diâmetro (cm)	Classes de altura (m)					Total
	9,5-11,5	11,5-13,5	13,5-15,5	15,5-17,5	17,5-19,5	
8,9 - 10,9	5	9				14
10,9 - 12,9		6	3	6	4	19
12,9 - 14,9			7	6	6	19
14,9 - 16,9			1	6	2	9
16,9 - 18,9			1	1	4	6
18,9 - 20,9			1		1	2
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>69</b>

Em trabalho similar realizado também com eucalipto em regime de alto fuste no campus de Seropédica, Ferreira e Amorim (2002), mostrou que o melhor desempenho seria obtido para o DAP de 16 cm, com 33,6% de rendimento em relação ao comprimento das árvores e 26,53% em relação ao volume.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados do presente trabalho, pode-se sugerir procedimentos para manejo de povoamentos em regime de talhadia, visando a produção de mourões, como recomendar a intervenção no mesmo, quando os povoamentos atingirem diâmetros e alturas médias que propiciem melhor rendimento.

O povoamento inventariado pode fornecer moirões na razão de 20,6%, do comprimento total das árvores e 37,9% do volume.

Deve-se ressaltar, no entanto, que, conforme se verificou “in loco”, a falta de manutenção do povoamento inventariado, prejudicou o resultado obtido. Mesmo assim, esse resultado tem satisfatório grau de utilidade para orientar o manejo de povoamentos similares.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, S. Funções de forma; sua conceituação e utilidade. In: Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais: O Uso de Funções de Forma de Tronco em Estudos de Volumetria de Espécies Florestais**, 5., 1981, Curitiba. Anais... Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 7-14., 1982.

CABACINHA, C. D. **Um método para a realização do inventário florestal suprimindo a cubagem rigorosa**. 2003. Tese (Doutorado Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

CAMPOS, J. C. C. **Dendrometria**. Viçosa: UFV, 1988. 43 p.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 2009. 548 p.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G.; **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 605 p.

COUTO, H.T.Z., BASTOS, N.L.M. **Erros de medição de altura em povoamentos de *Eucalyptus* em região plana**. IPEF, n.39, p.21-31, 1988.

ESPÍNDOLA, C. B.; ALVIM, G. F.; PEREIRA, W.S. Análise dos registros de 61 anos de dados de temperaturas no município de Seropédica, RJ, Brasil. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 10, p. 143, 2018.

FERREIRA, E. S.; AMORIM, H. B. Função de forma para produção de moirões de eucalipto. In: **2 Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**, 2002, Viçosa. 2 Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2002. v. 1.

GOMES, A. M. A. **Medição dos arvoredos**. Lisboa: Livraria Sá da Costa, 1957. 413 p.

IBÁ. **Relatório anual 2019**. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>.

KOHLER, S. V. et al. Evolução do sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina. **Floresta**, v. 45, n. 3, p. 545-554, 2015.

LIU, C. J. **Multivariate taper function of loblolly pine**. Tese (Doutorado) Baton Rouge, Louisiana University and Agr. Mech. College, 1973. 53 p.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO, D. J. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 2, p. 185-197, 2002.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2 ed. Guarapuava: unicentro, 2006. 316 p.

MENDONÇA, A. R.; CALEGARIO, N. SILVA, G. F.; SOUZA, A. L.; TRUGILHO, P. F.; CARVALHO, S. P. C.; POSSATO, E. L. Modelagem da produção de sortimentos em povoamentos de eucalipto. **Cerne**, v. 20, n. 4, p. 587-594, 2014.

NICOLETTI, M. F.; CARVALHO, S. P. C.; BATISTA, J. L. F. Revisão bibliográfica sobre métodos não-destrutivos de cubagem de árvores em pé visando à determinação da biomassa. **R Cient Eletr Eng Flor**, v. 20, p. 102-116, 2012.

RAMOS, D. P.; CASTRO, A. F.; CAMARGO, M. N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Embrapa Solos. **Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1973.

SCHNEIDER, P.R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, 1993a. 348p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: Parte I: modelos de regressão linear e não linear; Parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 352p.

SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Mensuração florestal 2: volumetria**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 126 p.

SOUZA, C. A. M. **Avaliação de modelos de taper não segmentados e segmentados na estimação da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus sp.*** 2007. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal). Universidade Federal do Espírito Santo.

THOMAS, C. et al. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 319-327, 2006.