

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL  
CAMPUS MONTE CARMELO**

**ALEXANDRE MAGALHÃES VINISQUI**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AMOSTRAGEM DE BITTERLICH PARA OBTENÇÃO  
DE ESTIMATIVAS DE LÁTEX EM UM POVOAMENTO DE *HEVEA BRASILIENSIS***

**MONTE CARMELO/MG  
JUNHO DE 2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL  
CAMPUS MONTE CARMELO**

**ALEXANDRE MAGALHÃES VINISQUI**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AMOSTRAGEM DE BITTERLICH PARA OBTENÇÃO  
DE ESTIMATIVAS DE LÁTEX EM UM POVOAMENTO DE *HEVEA BRASILIENSIS***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Otávio Veiga de Miranda

**MONTE CARMELO/MG  
JUNHO DE 2023**

ALEXANDRE MAGALHÃES VINISQUI

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AMOSTRAGEM DE BITTERLICH PARA OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DE LÁTEX EM UM POVOAMENTO DE *HEVEA BRASILIENSIS***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Monte Carmelo, 13 de junho de 2023.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente  
 RODRIGO OTAVIO VEIGA DE MIRANDA  
Data: 29/06/2023 22:24:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Rodrigo Otávio Veiga de Miranda  
Orientador

Documento assinado digitalmente  
 LUCIANO CAVALCANTE DE JESUS FRANCA  
Data: 30/06/2023 08:59:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Luciano Cavalcante de Jesus França  
Membro da Banca

Documento assinado digitalmente  
 LIDIOMAR SOARES DA COSTA  
Data: 30/06/2023 09:44:11-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Tec. Dr. Lidiomar Soares da Costa  
Membro da Banca

**MONTE CARMELO/MG  
JUNHO DE 2023**

## AGRADECECIMENTOS

Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão a Deus, pela sabedoria e paciência que ele me concedeu ao longo do tempo. Sou grato à graduação do curso de Engenharia Florestal por me proporcionar a oportunidade de explorar esta área fascinante e me fazer apaixonar por esta profissão. Aos meus pais, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram incondicionalmente, minha eterna gratidão. Agradeço também aos meus amigos Breno Preslei, Mário Sequeira, Marcelo Luiz, Gabriel Bueno e Carlos Augusto, por estarem sempre ao meu lado, mesmo quando eu me desviei do caminho. Eles me estenderam as mãos e me fizeram acreditar que eu poderia alcançar meu sonho de me tornar um Engenheiro Florestal. Dedico um grande agradecimento a Bianca Freire, Larissa Lara, Susana Amorim, Kamilla Gomes e Bruna Ferreira, pelos seus conselhos sábios e pelo amor e aceitação que me fizeram crescer como pessoa. Por fim, gostaria de agradecer ao meu orientador e amigo Professor Rodrigo Miranda pelos ensinamentos valiosos, conselhos e dedicação incansável em compartilhar sua sabedoria comigo.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área de estudo conduzido em um povoamento de seringueira no Município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 16
- Figura 2.** Mapa de trajetória do município de Monte Carmelo, Minas Gerais, até o povoamento de seringueira. .... 17
- Figura 3.** Povoamento da espécie seringueira, com vista da linha do povoamento (a) e a matéria-prima nos potes coletores de látex (b), no município de Monte Carmelo, Minas Gerais..... 18
- Figura 4.** Alocação das unidades amostrais circulares no povoamento da espécie seringueira (a) e a marcação do número das árvores com giz (b), no município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 19
- Figura 5.** Manuseio da barra de Bitterlich no centro da unidade amostral (a), Barra de Bitterlich (b), aplicados no povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 20
- Figura 6.** Mensuração da altura total e comercial (a), pesagem dos potes com a matéria-prima látex (b), no povoamento seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 21
- Figura 7.** Produção média de látex por hectare e os respectivos intervalos de confiança para o método de área fixa e para o método de Bitterlich avaliados, em um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais..... 30
- Figura 8.** Área Basal por hectare para o método de área fixa e para os métodos de Bitterlich avaliados, em um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 31
- Figura 9.** Número de árvores por hectare para o método de área fixa e para os métodos de Bitterlich avaliados, em um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 32
- Figura 10.** Distribuição diamétrica para os métodos amostrais avaliados, em que (a) área fixa, (b) Bitterlich com os fatores 0,5, (c) 1,0 (d) 2,0 e (e) 4,0, em um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 34
- Figura 11.** Raio de abrangência médio das unidades amostrais de área fixa e de Bitterlich com os fatores de área basal 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0, em um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais. .... 35

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Estatísticas descritivas das variáveis obtidas para um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.....	25
<b>Tabela 2.</b> Sazonalidade estimada da produção de látex para a maioria dos clones de seringueira no Brasil.....	26
<b>Tabela 3.</b> Tamanho amostral, erro de amostragem e médias das variáveis produção de látex, número de árvores e área basal, por hectare, para o método de área fixa e Bitterlich com os fatores de área basal 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 em um povoamento de seringueira em Monte Carmelo, Minas Gerais .....	27

## RESUMO

Este estudo foi realizado para avaliar o desempenho do método de amostragem de Bitterlich na obtenção de estimativas de produção de látex em um povoamento de seringueira em Monte Carmelo, Minas Gerais. O povoamento tem 13,2 hectares composto pela cultivar RRIM 600, com 11 anos de idade e plantado no espaçamento 8,00 x 2,90 m. Quatro Barras de Bitterlich com diferentes fatores de área basal foram usadas para coletar dados amostrais. Para cada método amostral avaliado, o intervalo de confiança da produção de látex por hectare e área total foi apresentado, juntamente com o erro relativo do inventário florestal. A intensidade amostral para cada método foi avaliada considerando um erro admissível de 10%. O teste-t pareado foi usado para comparar as estimativas obtidas pelo método de Bitterlich com as do método de área fixa. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi usado para avaliar a similaridade estatística da frequência de árvores em classes diamétricas entre os dois métodos. O estudo concluiu que o diâmetro médio com árvores selecionadas pelo método de Bitterlich deve ser obtido pela expressão de Nishizawa e que o fator 1,0 pode ser usado para obter estimativas de produção de látex por árvore pelo método de Bitterlich. Também, o aumento do fator de área basal de Bitterlich resultou em superestimativas e que nenhum dos fatores estudados favoreceu a descrição da distribuição diamétrica do povoamento.

**Palavras-chave:** método de área variável; produção de látex; seringueira.

## ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the performance of the Bitterlich sampling method in obtaining estimates of latex production in a rubber tree plantation in Monte Carmelo, Minas Gerais. The plantation is 13.2 hectares in size and composed of the RRIM 600 cultivar, which is 11 years old and planted at a spacing of 8.00 x 2.90 m. Four Bitterlich Bars with different basal area factors were used to collect sample data. For each evaluated sampling method, the confidence interval for latex production per hectare and total area was presented, along with the relative error of the forest inventory. The sampling intensity for each method was evaluated considering an admissible error of 10%. The paired t-test was used to compare the estimates obtained by the Bitterlich method with those of the fixed area method. The Kolmogorov-Smirnov test was used to evaluate the statistical similarity of tree frequency in diameter classes between the two methods. The study concluded that the average diameter with trees selected by the Bitterlich method should be obtained by Nishizawa's expression and that factor 1.0 can be used to obtain estimates of latex production per tree by the Bitterlich method. It was also observed that increasing the basal area factor of Bitterlich resulted in overestimates and that none of the factors studied favored the description of the diameter distribution of the plantation.

**Keywords:** Variable Area Method; latex production; seringueira.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. JUSTIFICATIVA.....	14
3. OBJETIVO.....	15
3.1 OBJETIVO GERAL.....	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	16
4.2 ALOCAÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS .....	18
4.4 CÁLCULO DAS VARIÁVEIS DE INTERESSE .....	21
4.5 ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	22
4.6 ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO FLORESTAL .....	22
4.7 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS MÉTODOS AMOSTRAIS.....	24
5.2 ESTIMATIVAS DE VARIÁVEIS POR HECTARE, ERRO DE AMOSTRAGEM E TAMANHO DA AMOSTRA .....	27
5.3 PRODUÇÃO MÉDIA DE VARIÁVEIS POR HECTARE E INTERVALO DE CONFIANÇA .....	29
5.4 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DOS MÉTODOS AMOSTRAIS.....	32
6 CONCLUSÃO .....	37
7 REFERÊNCIAS.....	38

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o setor florestal brasileiro tem se destacado na economia do país e causado um grande impacto global. Com um valor de mercado de cerca de 97,4 bilhões de dólares e exportações no valor de 11,3 bilhões, o setor tem gerado 3,7 milhões de empregos. Esses números demonstram a importância do setor florestal para a economia brasileira e para o mundo. Para Carvalho, Soares e Valverde (2005), o setor florestal pode ser conceituado como parte da sociedade e seus usos de recursos silvestres ou florestal. No Brasil, o setor abrange uma série de espécies, com destaque às espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Além destas espécies, outras também influenciam positivamente na economia do país. Uma destas espécies é a seringueira.

A seringueira, *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg, é uma planta da família Euphorbiaceae que tem um grande impacto econômico mundial devido à sua principal matéria-prima, o látex. No Brasil, a produção média de borracha equivale a 1,6% do total mundial, mas o consumo brasileiro é maior que a produção (SAVAREZ et al., 2019). Em 2021, segundo o IBGE (2021), a produção de látex no país foi de cerca de 399.751 toneladas, com uma área colhida de aproximadamente 176.343 hectares. A produção global de borracha natural está projetada para crescer a uma taxa anual composta (CAGR) de 5,0% durante o período de previsão (2022-2027) (MORDOR INTELLIGENCE, 2022). O setor é de grande importância para o Brasil devido à presença de inúmeras indústrias de transformação, como a pneumática (RODRIGUES e COSTA, 2009).

Segundo Jorge (2022), a seringueira apresenta grande importância ambiental por apresentar um comportamento semelhante a uma mata nativa e por ser uma cultura de reflorestamento. Ainda, esta espécie é considerada altamente benéfica por contribuir para a conservação do solo e da água, pois apresenta menor perda de solo por unidade de área e menor retirada de nutrientes da superfície ao ser comparada com grandes culturas, além de contribuir para a geração de crédito de carbono e recursos naturais.

Esta espécie pode atingir cerca de 20 a 30 m de altura e 30 a 60 cm ou mais de diâmetro (PERES JÚNIOR., 2019). Para Gonçalves e Santos (2008), a determinação do diâmetro, altura total e a produção de látex por planta são fatores fundamentais para o manejo florestal. Para coletar essas informações, a condução de um levantamento amostral é necessária, a partir de um inventário florestal, a partir do qual se coletam informações qualitativas e quantitativas de interesse. Em

levantamentos amostrais, as estimativas dos parâmetros da população estudada são obtidas por medições de uma fração inventariada (HOSOKAWA e SOUZA, 1987).

No inventário florestal, métodos de amostragem são utilizados para coletar as informações de interesse de uma população. No Brasil, o principal método amostral aplicado em levantamentos florestais é o de área fixa. Contudo, outros métodos podem ser utilizados, como o método de Bitterlich.

O método de Bitterlich foi proposto em 1948 pelo engenheiro austríaco Walter Bitterlich, que tinha como objetivo primordial a determinação da área basal por hectare de povoamentos florestais sem a necessidade do lançamento de unidades amostrais pelo método de área fixa ou de se medirem o diâmetro de árvores (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2014). O usuário deste método deve contar todas as árvores em um giro de 360°, cujos diâmetros ( $d$ ) sejam iguais ou maiores a um ângulo de visada pré-definido do instrumento.

Embora apresentando grande potencial e acurácia nas estimativas, o método de Bitterlich possui uso incipiente no Brasil, onde se predomina a utilização do método de área fixa (MIRANDA et al., 2022). Diante disso, torna-se essencial sua avaliação na obtenção de variáveis quantitativas, sobretudo na produção de látex em povoamentos de seringueira.

## 2. JUSTIFICATIVA

Atualmente o Brasil possui área de aproximadamente 9,0 milhões de hectares destinados ao cultivo de espécies florestais como o eucalipto, pinus e seringueira. Essas espécies são utilizadas na produção de diversos produtos, incluindo painéis de madeira, pisos laminados, celulose, papel e biomassa para produção energética (IBÁ, 2022). Neste contexto, é de suma importância o monitoramento de variáveis de interesse dentro do ciclo da espécie, principalmente aquelas associadas ao produto comercializado. Geralmente, para o acompanhamento da dinâmica dos povoamentos florestais são conduzidos inventários florestais, os quais se baseiam na aplicação de técnicas de amostragem.

Ao utilizar tais técnicas, pode-se estimar quantitativa e qualitativamente variáveis de uma área de interesse. Essas estimativas ajudam a direcionar a aplicação de técnicas de manejo florestal ou tratamentos silviculturais, auxiliando no processo de tomada de decisões acerca do povoamento florestal.

Em termos gerais, a variável mais importante a ser estimada em levantamentos florestais é a produção em volume. Isso se explica pelo fato de que a maioria dos povoamentos são conduzidos para suprir demandas de empresas cuja matéria-prima é a madeira. Contudo, para povoamentos de seringueira, o produto principal é a sua seiva, conhecida como látex, extraído de sua casca.

Para empresas que utilizam a madeira como fonte principal de matéria-prima, os sistemas amostrais para estimativa desta variável são estabelecidos, os quais foram muito estudados (KAMIENSKI et al., 2005). Por outro lado, estudos para determinar a configuração de um sistema de amostragem para estimativa de variáveis em povoamentos de seringueira são muito incipientes, principalmente relacionado à produção de látex. Esse fato ressalta a importância da condução de estudos para a determinação de sistemas amostrais que sejam capazes de estimar com precisão e variáveis de interesse em povoamentos de seringueira.

### **3. OBJETIVO**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

- Avaliar o desempenho do método de amostragem de Bitterlich na obtenção de estimativas de produção de látex em povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

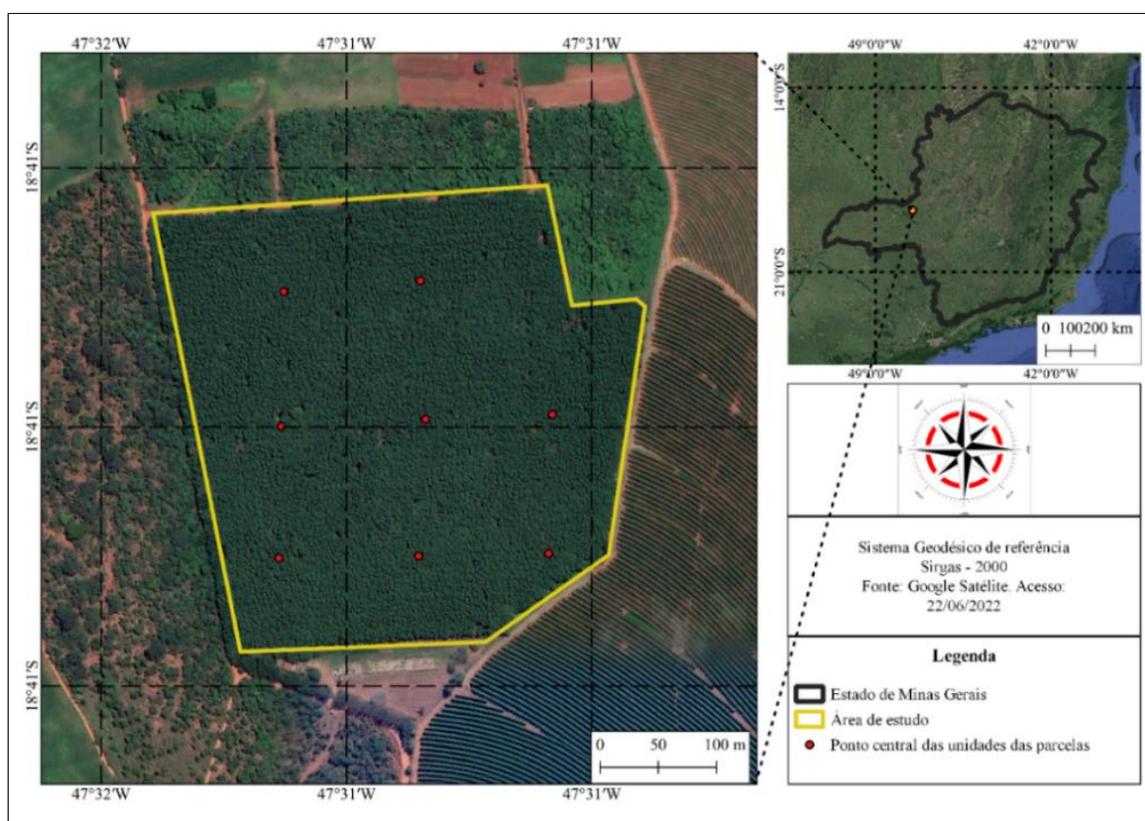
#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar a produção de látex de um povoamento de seringueira por meio do método de área fixa;
- Estimar a produção de látex de um povoamento de seringueira por meio do método de Bitterlich;
- Avaliar diferentes fatores de área basal no método de Bitterlich para estimativa de látex em um povoamento de seringueira;
- Avaliar diferentes fatores de área basal no método de Bitterlich para estimativa de número de árvores em um povoamento de seringueira;
- Avaliar diferentes fatores de área basal no método de Bitterlich para estimativa de área basal em um povoamento de seringueira;
- Avaliar diferentes fatores de área basal no método de Bitterlich para estimativa da distribuição diamétrica em um povoamento de seringueira;
- Comparar estatisticamente as estimativas obtidas pelo método de Bitterlich com aquelas estimadas com o método de área fixa.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

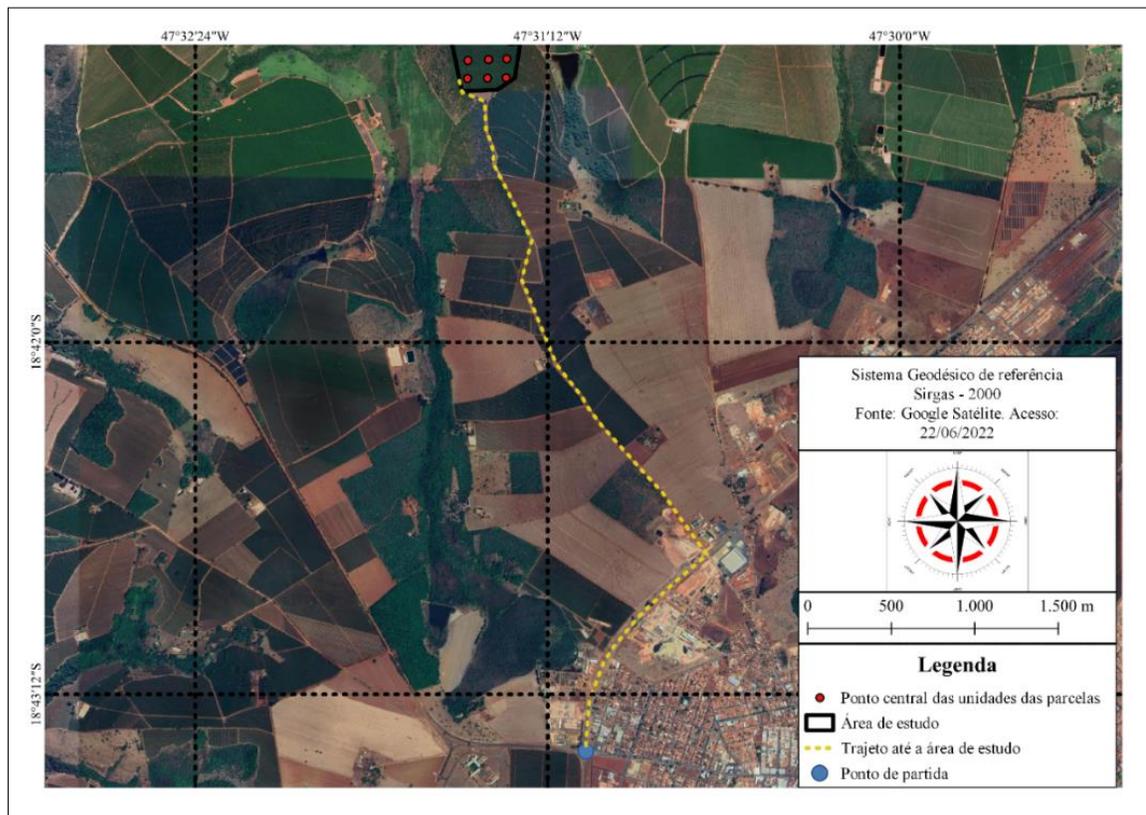
O estudo foi desenvolvido em um povoamento de seringueira (*H. brasiliensis*) com a idade de 11 anos, em uma propriedade situada no município de Monte Carmelo, Minas Gerais, nas coordenadas 18°41'8.60"S; 47°31'29.57"O, com altitude de 1.051 m (Figura 1). O município de Monte Carmelo possui o clima tropical, com maior volume pluviométrico no verão, com classificação climática Aw segundo Köppen-Geiger, caracterizado pelo verão úmido e inverno seco (VINISQUI et al., 2018). A temperatura média é de 20,6 °C e precipitação pluviométrica de 1.499,90 mm (ALVARES et al., 2014).



**Figura 1.** Área de estudo conduzido em um povoamento de seringueira no Município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

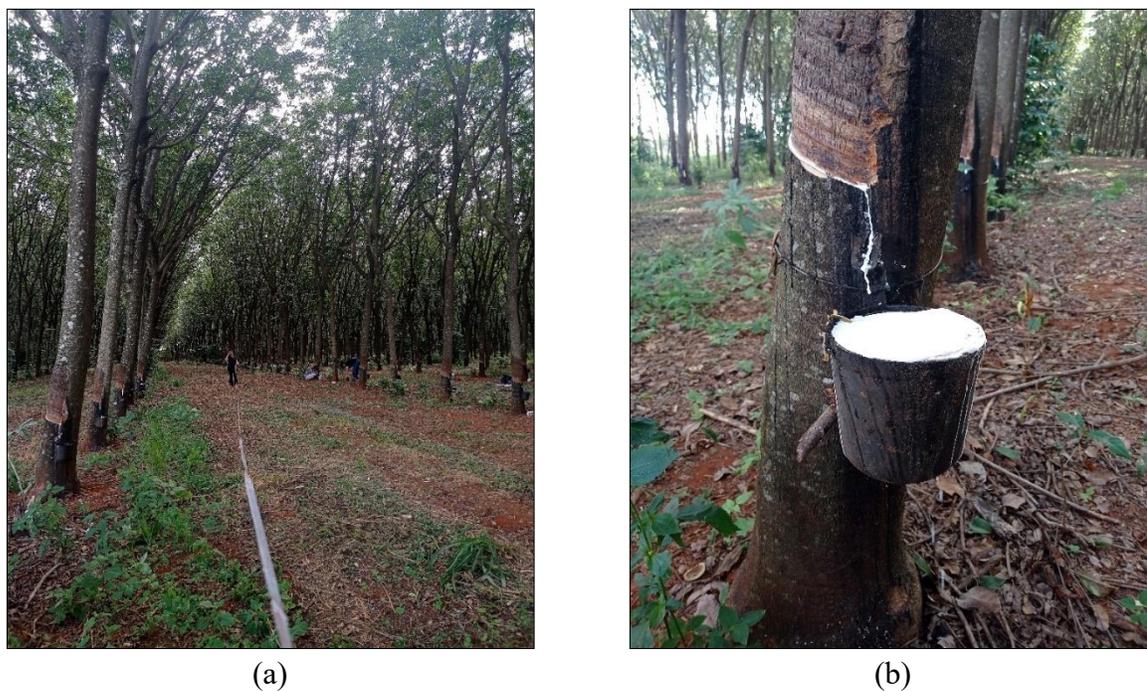
O espaçamento do povoamento foi planejado com as dimensões de 8,00 × 2,90 m, em uma

área de 13,20 ha. O deslocamento do município de Monte Carmelo até a área de estudo está representado na Figura 2.



**Figura 2.** Mapa de trajetória do município de Monte Carmelo, Minas Gerais, até o povoamento de seringueira.

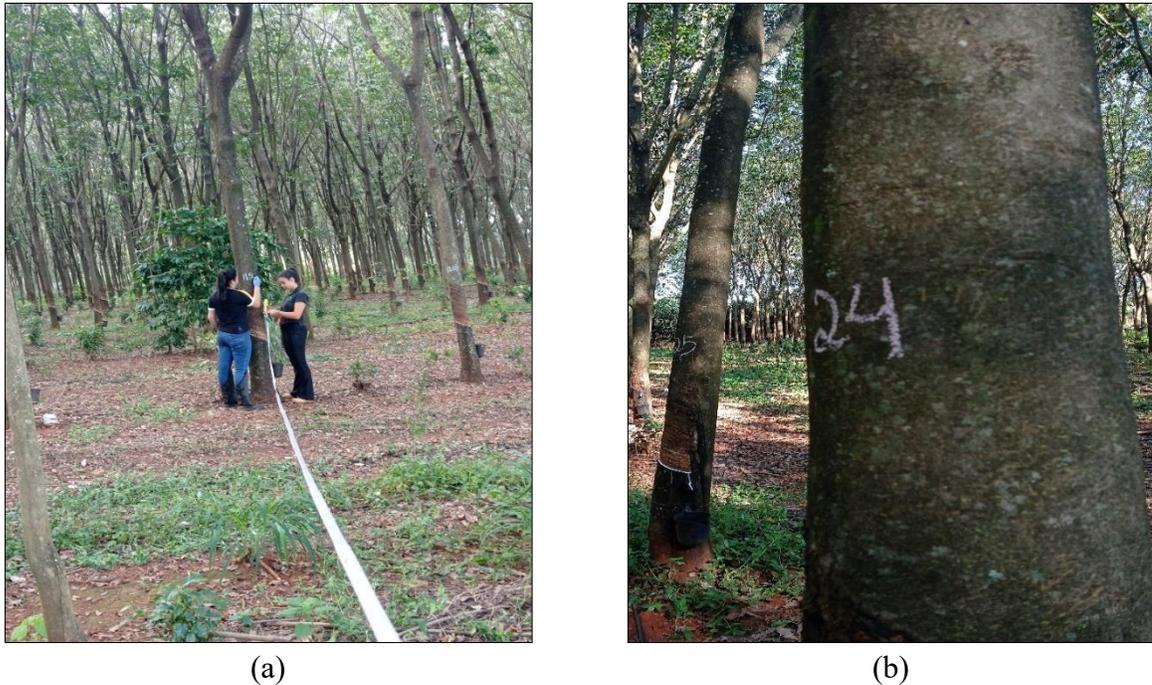
Nesta área, dois métodos amostrais foram aplicados, área fixa e Bitterlich. Na Figura 3 tem-se a caracterização das linhas do povoamento e os potes da matéria-prima látex, utilizada em determinada etapa neste o estudo.



**Figura 3.** povoamento da espécie seringueira, com vista da linha do povoamento (a) e a matéria-prima nos potes coletores de látex (b), no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

## 4.2 ALOCAÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS

Para o método de área fixa (Figura 4), oito unidades amostrais circulares de raio 18,02 m (área de 1.020 m<sup>2</sup>) foram distribuídas sistematicamente na área do povoamento. Com o manuseio do *software* Qgis, a distribuição em *grid* das unidades amostrais distanciadas em 115 m foi feita, de forma que pudesse abranger toda a sua extensão. Este raio da unidade amostral foi definido para contemplar cerca de 40 árvores, uma vez que este método amostral foi considerado como o comparador.

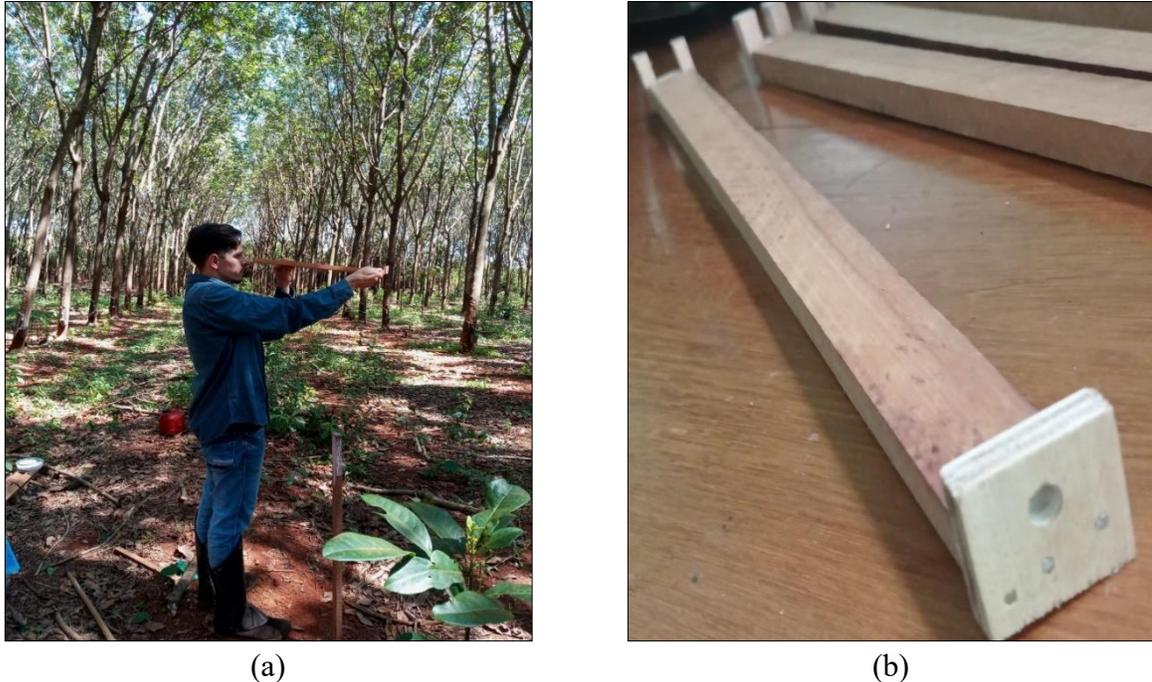


**Figura 4.** Alocação das unidades amostrais circulares no povoamento da espécie seringueira (a) e a marcação do número das árvores com giz (b), no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

Para o método de Bitterlich, os pontos amostrais foram lançados nos centros das unidades circulares de área fixa. Para a coleta dos dados amostrais, um giro de  $360^\circ$  foi feito, no qual todas as árvores com o diâmetro à altura do peito ( $d$ ) maior que o ângulo de visão do instrumento foram contabilizadas (Figura 5a). O critério para a inclusão ou não de árvores duvidosas se deu pelo cálculo da distância crítica, realizado pela expressão  $R = 0,5d(\sqrt{k})^{-1}$ , em que  $R$  corresponde à distância crítica (em m),  $d$  é o diâmetro à altura do peito (em cm) e o  $k$  é o fator de área basal do instrumento. Neste critério, caso a distância do centro da unidade amostral à árvore tenha sido inferior ou igual à distância crítica calculada, a árvore integrou a unidade amostral, caso contrário ela foi desconsiderada.

O instrumento utilizado foi a barra de Bitterlich (Figura 5b) (JORGE e EUFRADE JUNIOR, 2023). Neste estudo, quatro barras de Bitterlich foram construídas, uma para cada fator de área basal ( $k$ ). Os fatores 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 foram os avaliados para a coleta dos dados amostrais. Para garantir melhor aplicação deste método, essas barras foram utilizadas apoiando-as sobre uma vara com altura próxima à 1,30 m de altura. As barras foram construídas de madeira e com o mesmo comprimento ( $L_b$ ) de 50 cm, variando apenas o diâmetro de abertura (em cm) ( $d_b$ ). O cálculo desse

diâmetro de abertura foi realizado por meio da expressão  $d_b = L_b \sqrt{k 2.500^{-1}}$ .

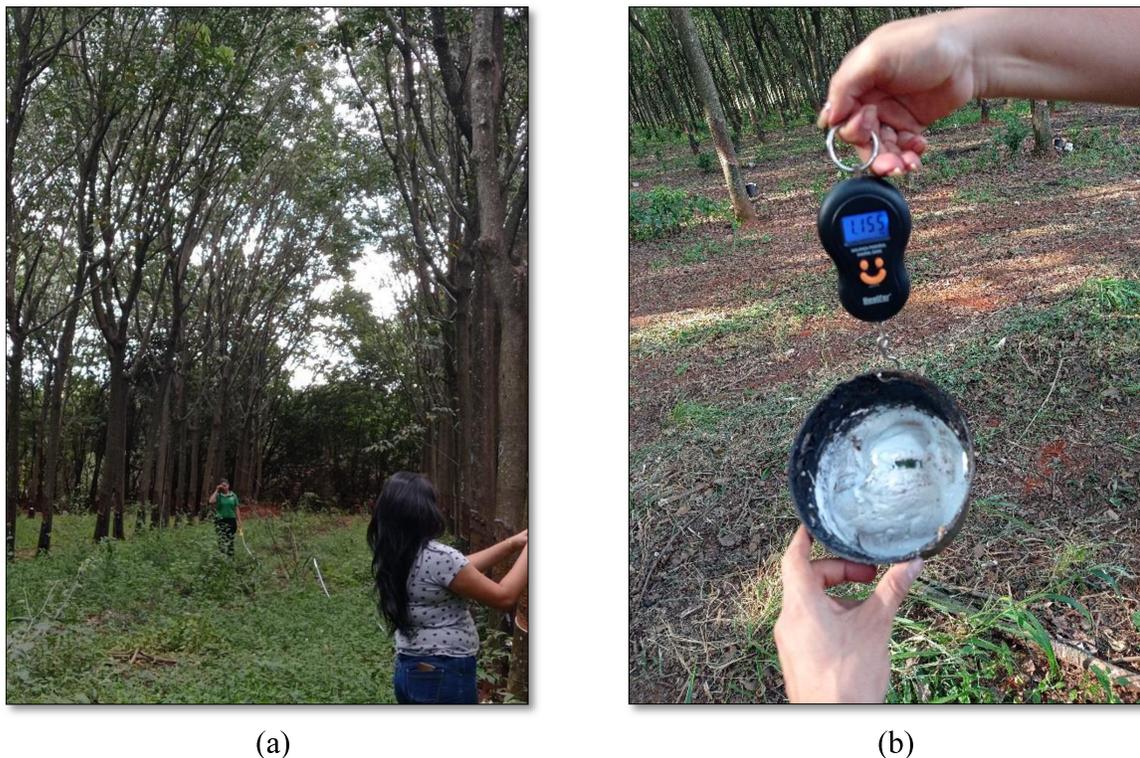


**Figura 5.** Manuseio da barra de Bitterlich no centro da unidade amostral (a), Barra de Bitterlich (b), aplicados no povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

### 4.3 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS

Para cada uma das unidades amostrais e independentemente do método amostral, mensurações das variáveis dendrométricas foram feitas, sendo a altura total, altura comercial e a circunferência à altura do peito (CAP). A altura comercial foi definida a partir do nível do solo até a primeira bifurcação (JORGE e EUFRADE JUNIOR, 2023). Em cada unidade amostral, para todas as árvores, a circunferência à altura do peito (CAP) foi mensurada, sendo convertida em diâmetro à altura do peito ( $d$ ) pela expressão  $d = CAP \pi^{-1}$ . As alturas mencionadas também foram obtidas para todas as árvores da unidade amostral (Figura 6a). Finalmente, o látex foi pesado para a avaliação de estimativa de sua produção por árvore e, posteriormente, por unidade de área.

Para a medição das circunferências utilizou-se fita métrica com graduação em milímetros, para obtenção das estimativas de alturas, um hipsômetro Haglof ECII e para aferição do peso do látex coletado em cada árvore no período utilizou-se uma balança digital portátil modelo Bfh1385 (Figura 6b).



**Figura 6.** Mensuração da altura total e comercial (a), pesagem dos potes com a matéria-prima látex (b), no povoamento seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

#### 4.4 CÁLCULO DAS VARIÁVEIS DE INTERESSE

Para obtenção das estimativas por unidade amostral de número de árvores (N), área basal (G) e produção de látex (L), por hectare, para o método de área fixa, o fator de proporcionalidade (F) foi utilizado (MOSCOVICH et al., 1991). Este fator é obtido pela razão entre a área de um hectare e a área da unidade amostral, ou seja,  $F = A a^{-1}$ , em que “A” corresponde a área de 10.000 m<sup>2</sup> e “a” é a área da unidade amostral (1.020 m<sup>2</sup>). Após sua obtenção, este fator F foi multiplicado pelos respectivos valores obtidos por unidade amostral. O número de árvores foi obtido pela contagem das árvores inseridas na unidade amostral. A área basal e produção de látex por unidade amostral foram calculadas pelo somatório das áreas transversais ( $g_i$ ) e dos pesos de látex das árvores contidas na mesma, respectivamente.

Para as unidades amostrais do método de Bitterlich, as mesmas variáveis mencionadas foram obtidas pelos estimadores específicos deste método, calculadas para cada fator de área basal utilizado. Para a estimativa do número de árvores (N), área basal (G) e produção de látex (L), por

hectare, foram utilizados as respectivas expressões  $N = \sum_{i=1}^n k g_i^{-1}$ ,  $G = nk$  e  $L = \sum_{i=1}^n k g_i^{-1} l_i$ , em que  $l_i$  é o látex por árvore e as demais como apresentadas.

#### 4.5 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Para cada método avaliado, estatísticas descritivas das variáveis dendrométricas foram calculadas. As estatísticas foram os valores mínimos, médios e máximos, além do coeficiente de variação percentual (CV%). Para o cálculo das médias do  $d$  para o método de Bitterlich, duas formas diferentes foram utilizadas, sendo uma a média aritmética e a outra sugerida por Nishizawa (1972), por meio da expressão  $d = \sum_i^n = \left(\frac{di}{gi}\right) \sum_i^n \left(\frac{1}{gi}\right)^{-1}$  (MACHADO, STEPKA E NICOLETTI, 2023).

#### 4.6 ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO FLORESTAL

Para cada método amostral avaliado, o intervalo de confiança da produção de látex por hectare e área total foi apresentado, assim como o respectivo erro relativo do inventário florestal. Além disso, a intensidade amostral para cada método estudado foi avaliada, considerando erro admissível de 10%. Para analisar possíveis diferenças entre as estimativas obtidas pelo método de Bitterlich com as obtidas para o método de área fixa, o teste-t pareado foi utilizado, considerando a significância de 5%. O intervalo de confiança também foi calculado para as variáveis área basal e número de árvores.

#### 4.7 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

Para cada método considerado neste estudo, a distribuição diamétrica do número de árvores por hectare foi obtida. Para tanto, a amplitude de classe de 2,0 cm foi utilizada. Para avaliar a similaridade estatística da frequência de árvores em classes diamétricas do método de área fixa com aquelas do método de Bitterlich, o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) foi utilizado, a 5% de significância. Este teste estatístico mede a distância máxima entre a distribuição acumulada observada e a distribuição acumulada de referência, isto é, referindo-se ao grau de concordância

entre a distribuição observada e a distribuição de referência (JORGE e EUFRADE JUNIOR, 2023).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS MÉTODOS AMOSTRAIS

A análise dos dados revelou a existência de uma diferença significativa entre os métodos estudados em relação à média aritmética dos valores do diâmetro das árvores com 11 anos de idade (Tabela 1). Essa constatação é semelhante ao estudo de Druszcz et al. (2013), que compararam o método de área fixa e o de Bitterlich. Neste estudo, as melhores médias foram observadas para o método de Bitterlich com fatores de área basal ( $k$ ) de 2 e 4, entretanto, o teste  $t$  comprovou a existência de diferença estatística entre elas.

Uma possível explicação para a diferença entre essas médias é que os fatores avaliados quantificaram menor quantidade de árvores, porém, árvores com maiores diâmetros. Isso resultou nos menores valores de coeficiente de variação à medida em que se aumentou o valor do  $k$ . Por outro lado, os resultados do teste  $t$  indicaram que as médias do  $d$  sugerida por Nishizawa (1972) não diferiram estatisticamente à média obtida pelo método de área fixa (Tabela 1). Isso ressalta que essa última expressão aproximou mais à média de  $d$  do método de área fixa por dar maior peso às árvores de menores diâmetros, o que promoveu ligeira redução em relação à média aritmética. Essa proporcionalidade inversa à área basal fica evidente ao observar a tendência do aumento da média de  $d$  à medida em que se aumentou o fator de área basal.

Para a variável  $ht$ , um comportamento distinto entre os métodos avaliados foi observado (Tabela 1). Apenas o método de Bitterlich com fator 0,5 foi estatisticamente diferente em comparação com o método de área fixa. Em contrapartida, os outros fatores estudados geraram médias estatisticamente não diferentes pelo teste  $t$ . Em relação à variável  $hc$ , a partir do teste  $t$  foi comprovado que todos os fatores testados promoveram valores não diferentes estatisticamente.

De acordo com Farias et al. (2002), para o método de amostragem de área fixa na mensuração das árvores, quanto maior o número de árvores mensuradas, menor é o coeficiente de variação (CV). Ao utilizar o método de Bitterlich, observou-se que quanto menor o número de árvores mensuradas, maior foi o coeficiente de variação (CV)

**Tabela 1.** Estatísticas descritivas das variáveis obtidas para um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais

Método	Variável	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)
AF	d (cm)	8,91	22,25	30,84	16,01
	ht (m)	8,00	17,54	22,80	11,91
	hc (m)	2,40	4,54	8,90	19,38
	l (kg)	0,21	1,41	2,96	38,25
	n	38,00	39,87	42,00	29,00
B 0,5	d (cm)	15,59	23,14*	30,84	12,94
	d (cm) Nishizawa (1972)	15,59	22,99 <sup>ns</sup>	30,84	7,90
	ht (m)	13,40	17,73*	22,50	10,28
	hc (m)	2,40	4,56 <sup>ns</sup>	8,20	18,74
	l (kg)	0,29	1,48*	2,96	35,20
	n	21,00	25,75*	30,00	29,43
B 1,0	d (cm)	16,23	23,43*	30,84	12,90
	d (cm) Nishizawa (1972)	16,23	22,58 <sup>ns</sup>	30,84	13,39
	ht (m)	13,70	17,67 <sup>ns</sup>	22,50	10,13
	hc (m)	3,00	4,55 <sup>ns</sup>	8,20	19,50
	l (kg)	0,29	1,49 <sup>ns</sup>	2,96	35,10
	n	14,00	18,38 <sup>ns</sup>	23,00	29,66
B 2,0	d (cm)	16,23	23,51*	28,71	11,78
	d (cm) Nishizawa (1972)	16,23	22,82 <sup>ns</sup>	28,71	12,18
	ht (m)	13,70	17,62 <sup>ns</sup>	22,50	9,59
	hc (m)	3,00	4,50 <sup>ns</sup>	6,90	18,20
	l (kg)	0,31	1,51*	2,96	31,36
	n	7,00	10,75*	13,00	30,23
B 4,0	d (cm)	18,23	23,52*	28,71	10,85
	d (cm) Nishizawa (1972)	18,23	23,02 <sup>ns</sup>	28,71	11,12
	ht (m)	15,00	17,52 <sup>ns</sup>	21,70	9,46
	hc (m)	3,00	4,41 <sup>ns</sup>	6,90	17,26
	l (kg)	0,33	1,50*	2,96	31,21
	n	5,00	5,25*	6,00	31,51

Em que: d = diâmetro à altura do peito; ht = altura total; hc = altura comercial; l = produção de látex por árvore; n = número de árvores por unidade amostral; CV (%) = coeficiente de variação percentual, \* e ns: teste significativo e não significativo, respectivamente, a 5% de significância.

Em um estudo realizado por Téo et al. (2014) em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista,

os métodos de amostragem de área fixa e Bitterlich apresentaram resultados semelhantes para as variáveis número de árvores e área basal. No entanto, pelo teste t, apenas o método de Bitterlich fator 1,0 foi considerado estatisticamente não diferente ao método de área fixa em suas médias. Enquanto o método de área fixa tem como objetivo mensurar todas as árvores situadas na unidade amostral, o método de Bitterlich visa mensurar todas as árvores visíveis ao ângulo de visada. Devido a essas diferenças, os outros fatores estudados promoveram estimativas diferentes significativamente pelo teste t.

Na avaliação da produção média de látex (Tabela 1), o teste t comprovou que apenas o método de Bitterlich com fator 1,0 não apresentou diferença estatística em relação ao método de área fixa. Finalmente, o número médio arredondado de árvores amostradas foi de 26, 18, 11 e 5, para os fatores 0,5, 1,0, 2,0 e 4,0, respectivamente. Isso demonstra diferença próxima de 80% do número de árvores medido entre o menor e maior fator de área basal avaliado.

Cabe destacar a maior variabilidade da produção de látex por árvore (Tabela 2). Essa produção oscilou de 2,76 kg árvore<sup>-1</sup>, equivalendo a 1.346%. A estimativa da produção média de látex por árvore foi de 1,41 kg considerando o método de área fixa. A partir deste valor médio e considerando a manutenção das condições do povoamento ao longo do ano, assim como os percentuais de produção anual de seringueira conforme a APABOR (Associação Paulista de Produtores e Beneficiadores de Borracha) (Tabela 2), a estimativa de produção por árvore é de 8,15 kg ano<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Sazonalidade estimada da produção de látex para a maioria dos clones de seringueira no Brasil

Mês	Produção (%)	Mês	Produção (%)
Janeiro	13,80	Julho	2,40
Fevereiro	14,40	Agosto	0,00
Março	14,20	Setembro	0,50
Abril	17,30	Outubro	2,70
Maio	13,00	Novembro	5,60
Junho	8,90	Dezembro	7,20

Fonte: (APABOR, 2014). A área em destaque se refere ao mês de coleta dos dados.

Em áreas onde a seringueira é bem manejada, a produção de látex por árvore se situa entorno de 7,0 kg ano<sup>-1</sup> e em média 3.500 kg ha<sup>-1</sup> (ALVARENGA, 2020). Essa maior produção

pode estar relacionada à maior área por planta, 16% superior àquela em áreas bem manejadas, favorecendo o crescimento diamétrico (GAMA et al., 2017) e, conseqüentemente, a maior produção de látex.

## 5.2 ESTIMATIVAS DE VARIÁVEIS POR HECTARE, ERRO DE AMOSTRAGEM E TAMANHO DA AMOSTRA

Neste estudo, para os métodos de amostragem de área fixa e Bitterlich, as variáveis N (número de árvores por hectare), L (produção de látex por hectare) e G (área basal por hectare) foram obtidas, cujos valores médios estão apresentados na Tabela 3. O método de área fixa apresentou menor coeficiente de variação (CV) e erro (Er) para as variáveis N e G em comparação ao método de Bitterlich.

**Tabela 3.** Tamanho amostral, erro de amostragem e médias das variáveis produção de látex, número de árvores e área basal, por hectare, para o método de área fixa e Bitterlich com os fatores de área basal 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 em um povoamento de seringueira em Monte Carmelo, Minas Gerais

Método	Variável	Média	CV (%)	Er (%)	Tamanho ideal da amostra
AF	L	553,33	17,31	14,01	13,00
	N	390,87	3,66	2,96	
	G	15,59	2,74	2,22	
BTF 0,5	L	458,73*	23,04	19,26	23,00
	N	322,92*	12,56	10,50	
	G	12,87*	13,89	11,61	
BTF 1,0	L	654,01 <sup>ns</sup>	30,83	25,77	39,00
	N	451,39 <sup>ns</sup>	24,41	10,50	
	G	18,37*	13,89	11,61	
BTF 2,0	L	769,41*	31,03	25,95	40,00
	N	523,49*	24,41	20,40	
	G	21,50*	19,73	16,50	
BTF 4,0	L	740,43*	15,36	12,84	12,00
	N	500,44*	10,00	8,36	
	G	21,00*	8,82	7,37	

Em que: CV (%): coeficiente de variação percentual; Er (%): erro relativo; N: número de árvores (N ha<sup>-1</sup>); L: produção de látex (kg ha<sup>-1</sup>); g: área transversal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), BTF: Método de Bitterlich empregando o fator de área basal; AF: Método de Área fixa; \* e ns: teste significativo e não significativo, respectivamente, a 5% de significância.

Esse resultado pode estar relacionado ao maior número de árvores amostrado no método de área fixa, consequência da maior área da unidade amostral, favorecendo uma variabilidade similar amostrada pelas suas unidades amostrais. De acordo com Nakajima (1997), o método de amostragem por pontos, também conhecido como método de Bitterlich, é um método de área variável. Isso significa que ele não possui uma área definida, ao contrário do método de área fixa, que possui um raio e área fixa em parcelas circulares.

Em relação ao tamanho ideal da amostra para uma precisão de 10%, enquanto o método de área fixa apresentou quantidade menor para a precisão de 10%, o método de Bitterlich fator 2,0 requereu um número elevado (Tabela 3). O método de Bitterlich fator 4,0 foi o fator que mais se aproximou do método de área fixa. Isso pode ter ocorrido pelo fato deste fator ter amostrado árvores de maiores diâmetros que, embora em número menor, promoveram menor variação nas variáveis avaliadas por ponto amostral. Em contrapartida, para os demais fatores, a precisão só seria atendida com número mais elevado de unidades amostrais, principalmente os fatores 1,0 e 2,0. Para a área basal e número de árvores, o fator 0,5 proporcionou as médias mais próximas ao método de área fixa, contudo, estatisticamente diferentes a ele. Finalmente, pela análise dos resultados do teste t, somente o fator 1,0 promoveu valores de N não diferentes estatisticamente ao método de área fixa. Para G, nenhum fator avaliado propiciou resultado semelhante.

Para a variável L, percebe-se tendência de aumento da média à medida que aumentou o fator de área basal de Bitterlich (Tabela 3). Em termos de precisão, o fator 4,0 gerou o menor erro, devido ao mesmo motivo exposto no parágrafo anterior. Porém, conforme o teste t pareado, só o fator 1,0 proporcionou média sem diferença estatística àquela do método de área fixa, mesmo com uma diferença próxima a  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ . Os resultados de Druszcz et al. (2013) foram semelhantes aos deste trabalho em relação às variáveis N e G por hectare em um povoamento de *Pinus taeda* L. no estado do Paraná, em uma análise comparativa entre o método de área fixa e o método de Bitterlich.

Além disso, Farias et al. (2002) encontraram resultados semelhantes aos deste estudo. O trabalho deles evidenciou a relação inversa do número de árvores mensuradas e o coeficiente de variação (CV), além de o método de área fixa promover os menores valores de CV e erro (Er) em comparação ao método de Bitterlich utilizando fatores de área basal 1,0; 2,0 e 4,0 para as variáveis

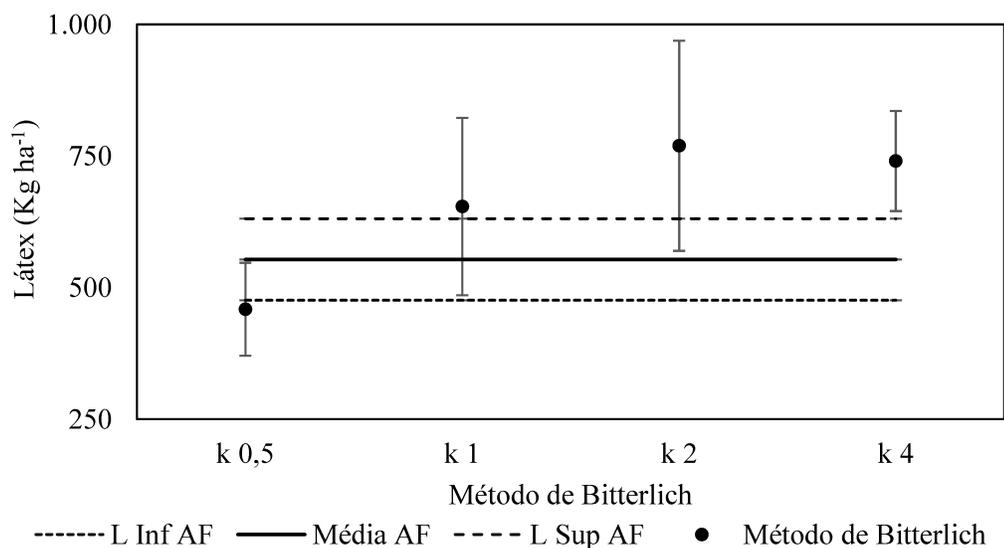
N e G. Isso ocorre porque, à medida que o fator de área basal aumenta, sua correlação com o método de área fixa diminui, comprovado por testes estatísticos.

Em um estudo realizado por Téo et al. (2014), uma análise foi feita entre métodos amostrais, incluindo o método de área fixa e o método de Bitterlich, em uma Floresta Ombrófila Mista fragmentada. Uma das variáveis estudadas pelos autores foram o número de árvores e a área basal, as quais não diferiram significativamente entre si, ao contrário dos aqui encontrados.

O método de Bitterlich é considerado eficaz e tem apresentados resultados satisfatórios reportados na literatura na avaliação da área basal (DRUSZCZ et al., 2010; FARIAS et al., 2019). No entanto, neste estudo, nenhum dos fatores avaliados promoveu valores não diferentes estatisticamente para essa variável.

### 5.3 PRODUÇÃO MÉDIA DE VARIÁVEIS POR HECTARE E INTERVALO DE CONFIANÇA

Na Figura 7 está apresentada a produção média de látex por hectare (L) e os respectivos intervalos de confiança para o método de área fixa e para o método de Bitterlich utilizando os fatores de área basal 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0. O método de Bitterlich com o fator 0,5 gerou média inferior ao método de área fixa, e os demais fatores com médias superiores. Nenhum dos fatores gerou médias inseridas no intervalo de confiança do método de área fixa.



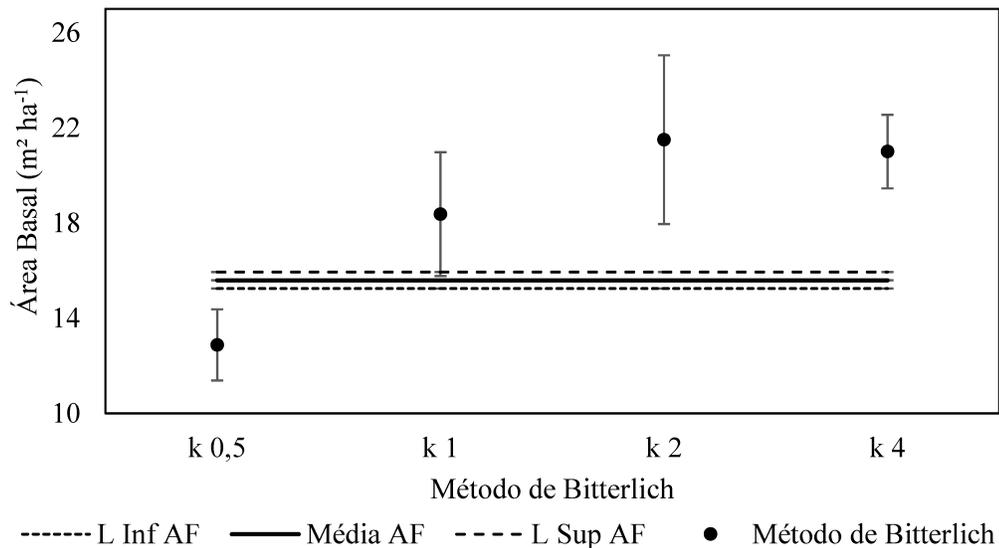
**Figura 7.** Produção média de látex por hectare e os respectivos intervalos de confiança para o método de área fixa e para o método de Bitterlich avaliados, em um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

Uma hipótese plausível para esse resultado é que o fator de área basal de 0,5 do método de Bitterlich mensurou uma quantidade maior de árvores em campo em relação aos outros fatores testados. Segundo Farias et al. (2002) e Jorge e Eufrade Junior (2023), quanto menor a quantidade de árvores mensuradas, maior será a média ponderada para as variáveis estimadas G e N, podendo ocorrer para L também. Além disso, cabe destacar a grande variação da produção de látex por árvore na área desse estudo, perfazendo a variável com maior variação dentre todas as avaliadas (Tabela 1). Embora amenizada, essa variação foi refletida para a produção de látex por unidade amostral. Machado, Stepka e Nicoletti (2023) também destacaram a redução da precisão de estimativas ao reduzir o número de árvores amostrado, em função do aumento do fator de área basal de Bitterlich.

De acordo com Miranda et al. (2015), o método de Bitterlich é considerado eficiente e preciso devido a sua base na frequência e proporcionalidade à área basal. No entanto, é importante notar que, caso ocorra alguma falha no povoamento, o método pode subestimar os valores encontrados a partir dos ângulos de visada escolhidos. Por outro lado, se o povoamento estiver consistente, o método pode superestimar os valores encontrados. Assim, se não houver homogeneidade nas variáveis avaliadas no povoamento, o coeficiente de variação e o erro de amostragem para essas estimativas serão elevados. Esse comportamento pode ser observado neste estudo (Figura 7) e (Tabela 3). No entanto, ao comparar o método de Bitterlich com o método de área fixa, os resultados obtidos neste estudo foram diferentes dos encontrados por Miranda et al. (2015).

A área basal por hectare apresentou comportamento semelhante ao da produção de látex (Figura 8). Sua variação foi muito pequena entre os valores obtidos para as unidades amostrais do método de área fixa, razão da grande proximidade das linhas horizontais dos limites inferior e superior. À medida que os ângulos de visada foram aumentados, a área basal amostrada pelo método de Bitterlich apresentou tendência de aumento.

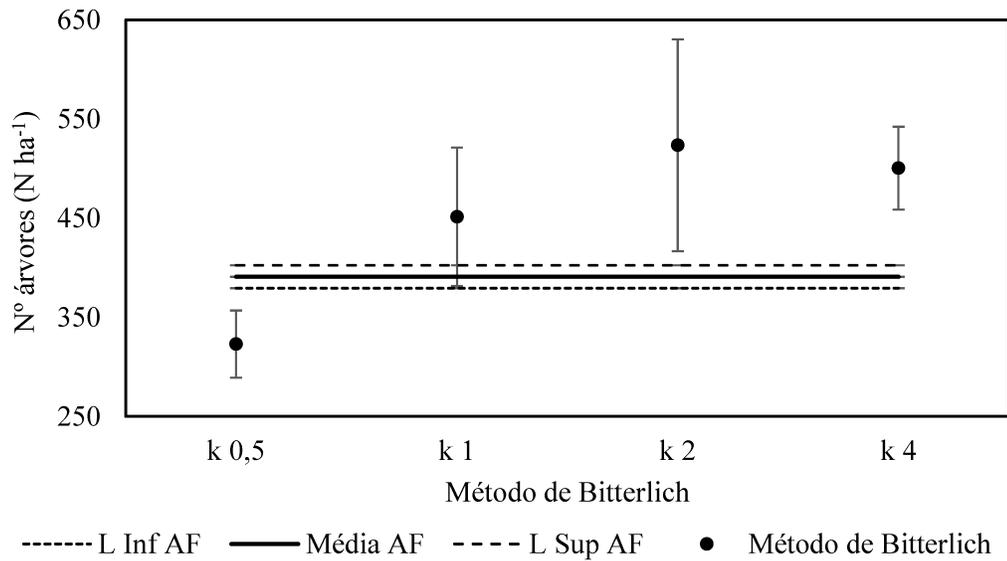
Assim como para a produção de látex, as médias estimadas pelo método de Bitterlich se situaram fora do intervalo de confiança do método de área fixa, porém, este realmente se apresentou muito pequeno, dada à pequena variação desta variável entre as unidades amostrais deste método.



**Figura 8.** Área Basal por hectare para o método de área fixa e para os métodos de Bitterlich avaliados, em um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

O comportamento do número de árvores do método de Bitterlich, para os diferentes fatores de área basal, se apresentou similar aos resultados anteriores (Figura 9). Os fatores do método de Bitterlich não se situaram dentro do intervalo de confiança estabelecido pelo método de área fixa. Uma regularidade muito grande foi observada no povoamento, tanto em termos de número de árvores e espaçamento de povoamento. Aferido em campo, este espaçamento se distanciou daquele planejado apenas em 0,4% em média, entre as linhas de povoamento e das árvores inseridas nesta linha. Portanto, essa é a razão da pequena distância entre os limites do intervalo de confiança do método de área fixa.

Estudos como o de Druszcz et al. (2015) em povoamentos de *Pinus taeda*, Miranda et al. (2015) em áreas comerciais com *Tectona grandis* e Miranda et al. (2022) em povoamentos de *Pinus taeda*, bem como Machado et al. (2022) em florestas nativas, sugerem a contagem de 20 a 30 árvores por ponto de amostragem como auxílio na escolha do fator de área basal. Neste estudo, em média, contabilizou-se 26; 18; 11; e 5 árvores por ponto para os fatores 0,5; 1,0; 2,0; e 4,0. Mesmo tendo amostrado 26 árvores por ponto amostral, em média, o fator 0,5 não proporcionou resultados satisfatórios, contrastando com os estudos mencionados.



**Figura 9.** Número de árvores por hectare para o método de área fixa e para os métodos de Bitterlich avaliados, em um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

Na avaliação de métodos amostrais em povoamento de *P. taeda*, situado no município de Bocaina do Sul, Santa Catarina, Heberle et al. (2022) concluíram que o método de Bitterlich apresentou subestimativas para as variáveis área basal e volume, ambas por hectare. No estudo, comparou-se os métodos de Bitterlich, área fixa e Strand. Machado, Stepka e Nicoletti (2023) observaram maior número de subestimativas para fatores de área basal menores, em uma avaliação do método de Bitterlich em áreas de povoamentos experimentais de *P. taeda* com distintos regimes de manejo, com idades de 12,3, 12,9 e 17,6 anos, situados no estado de Santa Catarina.

#### 5.4 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DOS MÉTODOS AMOSTRAIS

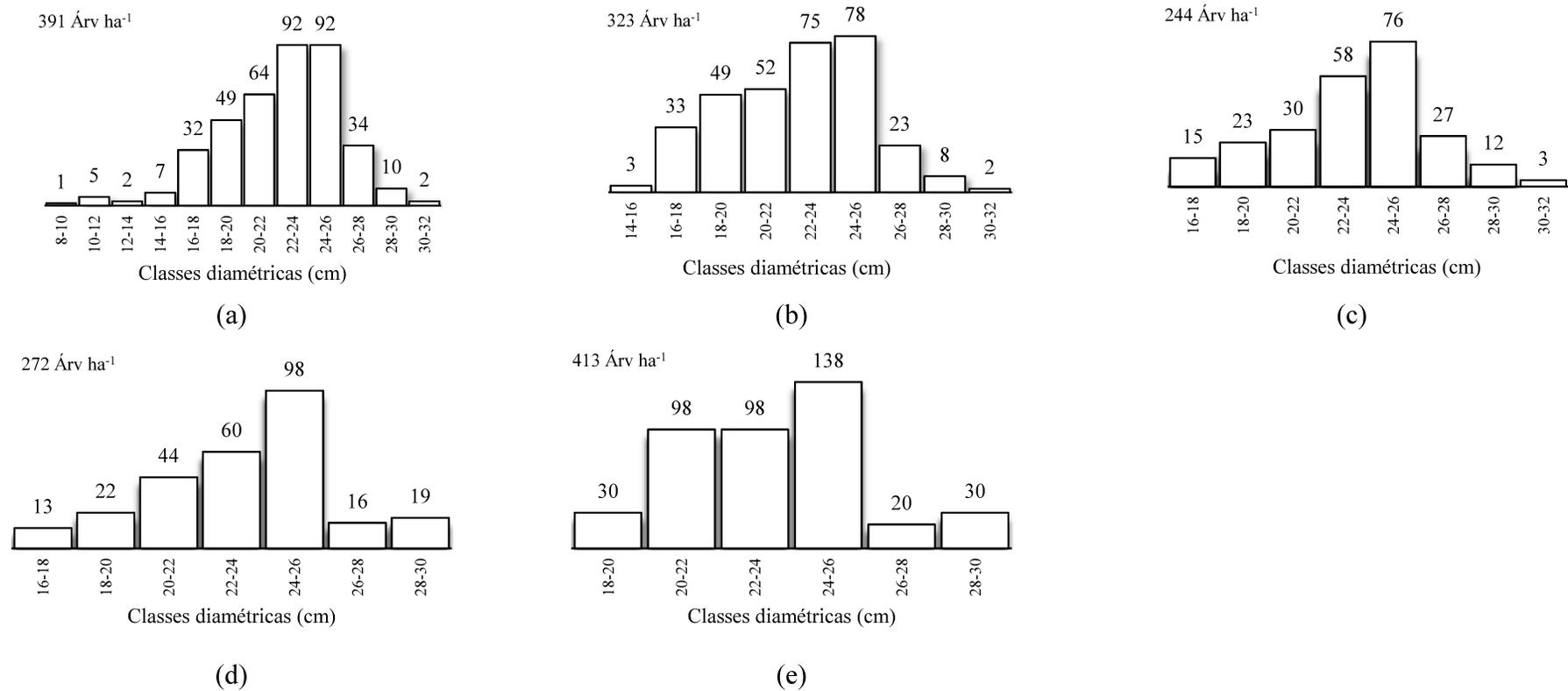
Na Figura 10 estão apresentadas as distribuições diamétricas para os métodos amostrais em análise. O maior número de árvores para o método de área fixa se concentrou nas classes de 20 a 26 cm (Figura 10a). Por outro lado, árvores com diâmetro abaixo de 16 cm e acima de 28 cm apresentaram baixa frequência, representando apenas cerca de 6,9% do total de árvores. No total, o número de árvores estimado foi de 391 árvores por hectare, representando um desvio de cerca de 10% inferior ao número esperado de árvores conforme o espaçamento de povoamento planejado (431 árv ha<sup>-1</sup>).

Embora com leve tendência visual similar à uma distribuição normal, percebe-se oscilações

entre as classes. Isso também pode ser uma das razões da maior variabilidade na produção do látex por árvore, uma vez que a produção de látex está relacionada, dentre outros fatores, com o diâmetro da árvore. A relação de maior produção de látex conforme se aumenta o diâmetro da árvore foi destacada por Lavorenti et al. (1990).

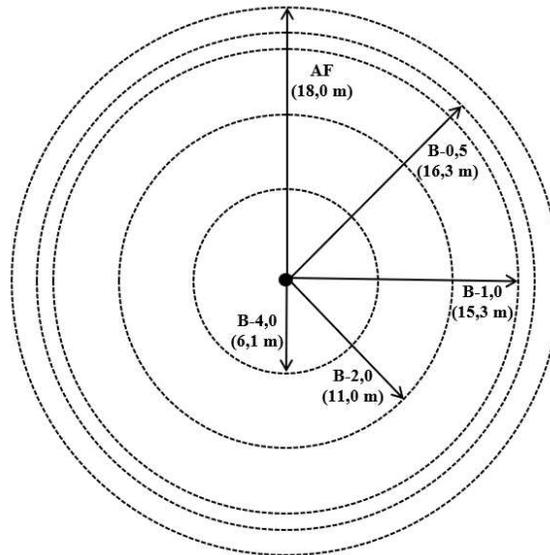
Na amostragem pelo método de Bitterlich, quanto menor o fator de área basal, maior a probabilidade de árvores serem amostradas, sobretudo com a inclusão de árvores de classes inferiores de diâmetro. Na área de estudo, o fator 0,5 permitiu a contagem de, em média, 26 árvores por ponto amostral. Mesmo assim, esse fator não foi suficiente para abranger a mesma amplitude observada no método de área fixa, amostrando árvores com diâmetros de 14 a 32 cm (Figura 10b). Em média, estimou-se 232 árvores por hectare.

À medida que se aumentou o fator de área basal, a amplitude diamétrica amostrada reduziu, o que de certa maneira era esperado. O fator 1,0 proporcionou estimar 244 árvores por hectare, incluídas nas classes de 16 a 32 cm de diâmetro (Figura 10c). Os fatores 2,0 e 4,0, além de não amostrarem árvores em classes inferiores como no método área fixa, também não foram capazes em estimar árvores contidas nas classes superiores (Figura 10d e 10e). Este último resultado pode estar relacionado à distância em que as árvores se encontram do ponto amostral, no qual árvores de maiores diâmetros não foram amostradas, até mesmo por representarem pequena parcela da população. Esses resultados sugerem a avaliação de fatores de área basal inferiores a 0,5 na intenção de obter estimativas da distribuição diamétrica para o povoamento em estudo.



**Figura 10.** Distribuição diamétrica para os métodos amostrais avaliados, em que (a) área fixa, (b) Bitterlich com os fatores 0,5, (c) 1,0 (d) 2,0 e (e) 4,0, em um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

A menor abrangência da amplitude da distribuição diamétrica pelo método de Bitterlich comparativamente ao método de área fixa também se relaciona com a área média do ponto amostral. Enquanto o raio da unidade amostral de área fixa foi de 18 m, os fatores de área basal 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 representaram raio médio de 16,3; 15,3; 11,0 e 6,1 m, respectivamente (Figura 11).



**Figura 11.** Raio de abrangência médio das unidades amostrais de área fixa e de Bitterlich com os fatores de área basal 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0, em um povoamento de seringueira no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

O método de Bitterlich tem apresentado limitações na descrição da distribuição diamétrica em diferentes condições. Essa limitação se evidencia quanto maior for o fator de área basal empregado no levantamento. Em um estudo comparativo realizado em uma floresta inequiana no município de Viçosa, Zona da mata de Minas Gerais, por Farias et al. (2002), os resultados indicaram diferenças significativas na distribuição diamétrica entre os métodos de área fixa e de Bitterlich, utilizando os fatores de área basal 1,0; 2,0 e 4,0.

A partir dos resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov, verificou-se que nenhuma das distribuições diamétricas apresentou aderência estatística àquela do método de área fixa. Os valores da estatística do teste KS ( $d_{calc}$ ) foram de 0,232; 0,403; 0,349 e 0,177 para os fatores de área basal 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0, respectivamente. Portanto, o método de Bitterlich foi ineficaz para descrever a distribuição diamétrica de um povoamento da espécie de *H. brasiliensis* no município de Monte Carmelo utilizando os fatores de área basal testados. Seria interessante a investigação de fatores de

área basal menores que 0,5 para aumentar a probabilidade de inclusão de árvores, principalmente aquelas de pequeno porte.

## 6 CONCLUSÃO

- Quando for de interesse a utilização do diâmetro médio com árvores selecionadas pelo método de Bitterlich, deve-se optar pela média obtida pela expressão de Nishizawa;
- Para a obtenção de estimativas de altura total ou comercial, os fatores analisados podem ser utilizados, com exceção do fator 0,5 para a primeira variável. Recomenda-se a utilização de maiores fatores por exigirem menor esforço amostral;
- Para a obtenção de estimativas de produção de látex por árvore pelo método de Bitterlich, o fator 1,0 pode ser utilizado;
- Dentre os fatores estudados, nenhum resultou em resultados semelhantes estatisticamente para a área basal por hectare. Contudo, para produção de látex e número de árvores por hectare, o fator 1 pode ser utilizado;
- Ao aumentar o fator de área basal de Bitterlich, superestimativas são observadas com maior frequência;
- Dentre os fatores estudados, nenhum favoreceu a descrição da distribuição diamétrica do povoamento estudado, sugerindo-se a avaliação de fatores de área basal inferiores a 0,5.
- Entre todos os fatores avaliados, a precisão só seria atendida com um número maior de unidades amostrais, principalmente para os fatores 1,0 e 2,0.

## 7 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- ALVARENGA, A. P. Versatilidade e lucro no cultivo da seringueira. **Campos e negócios**, 2020. Disponível em: < <https://revistacampoenegocios.com.br/versatilidade-e-lucro-no-cultivo-da-seringueira/>> . Acesso em: junho de 2023.
- CARVALHO, R.; SOARES, T.; VALVERDE, S. Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 1, p. 105-118, 2005.
- DRUSZCZ, J. P.; MACHADO, S. A.; NAKAJIMA, N. Y.; ROSOT, N. C.; HOSOKAWA, R. T. Eficiência do método de amostragem por ponto de Bitterlich e do método de amostragem por área fixa com variações estruturais em plantações de *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 3, p. 523-534, jul./set. 2015.
- DRUSZCZ, J. P.; NAKAJIMA, N. Y.; PÉLLICO NETTO, S.; YOSHITANI JÚNIOR, M. Comparação entre os métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa com parcela circular em plantação de *Pinus taeda*. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 739-754, out./dez. 2010.
- DRUSZCZ, J. P.; NAKAJIMA, N. Y.; PÉLLICO NETTO, S.; MACHADO, S. A.; ROSOT, N. C.; BAMBERG, R. Eficiência de duas variações estruturais do método de amostragem de área fixa em plantações de *Pinus taeda*. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 621-632, 2013.
- FARIAS, C. A.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G. Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequidâneas. **R. Árvore**, v.26, n.5, p.541-548, 2002.
- FARIAS, K. J.; STEPKA, T. F.; NICOLETTI, M. F.; SCHORR, L. P. B.; BORSOI, G. A.; NOVACK JUNIOR, N. S.; TURMINA, E.; HESS, A. F.; VENTURINI, V. C.; SOUZA, E. B. P.; HOFFMANN, D.; PESCK, V. A.; LISBOA, G. S. The Efficiency of Sampling Methods for Dendrometric Estimates of Thinned Stands of *Pinus taeda* L. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 17, 2019.
- GAMA, J. R. V.; VIEIRA, D. S. SANTOS, S. B.; SANTOS, M. R. G. Potencial de produção dos seringais de Jaramaquá, estado do Pará. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.4, n.1, p.77-82, 2017.
- GONÇALVES, A. L.; DA CRUZ, V. M. S.; CAMPOS, J. R. D. P.; SOUZA, D. V. Composição florística e fitossociológica do manguezal da zona portuária de São Luís, Maranhão, Brasil. **Biofix Scientific Journal**, v. 3, n. 1, 2017.
- GONÇALVES, F. G.; SANTOS, J. R. dos. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 2,

p. 229-244, 2008.

HEBERLE, T.; DENEGA, L.; STEPKA, T. F.; NICOLETTI, M. F.; GALESKI, G.; JESUS, L. S. Eficiência dos métodos de amostragem em povoamentos desbastados e não desbastados de *Pinus taeda* L. na região serrana de Santa Catarina, Brasil. *Floresta*, Curitiba, PR, v.52, n.4, p.541-551, 2022.

HOSOKAWA, R. T.; SOUZA, A. L. **Curso de Manejo Florestal**. Módulo 9 – Manejo de produção florestal para fins específicos. Curitiba: UFPR-UFV-ABEAS, 1987. 23 p.  
INDÚSTRIA BRASILEIRA

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório Anual IBÁ. Brasília, Distrito Federal, 2022.

IBGE. Produção Agropecuária. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/borracha-latex-coagulado/br>. Acesso em: junho de 2023.

JORGE, L. A. B.; EUFRADE JUNIOR, H. J. Dendrometria e Inventário Florestal com Aplicações em R. 1. ed. Botucatu: Ed. dos Autores, 2023. 178 p.

JORGE, M. C. A. Avaliação dos principais parâmetros físicos e tecnológicos da borracha natural de clone RRIM 600 em diferentes frequências de sangria. **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO-UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**. 2022.

KAMIENSKI, C.; SOUZA, T.; FERNANDES, S.; SILVESTRE, G.; SADOK, D.; Caracterizando Propriedades Essenciais do Tráfego de Redes através de Técnicas de Amostragem Estratificada, 2005.

LAVORENTI C; GONÇALVES P. D. S, CARDOSO M; BOAVENTURA M. M. Relação entre diferentes caracteres de plantas jovens de seringueira. **Bragantia**, v. 49, p. 93-103, 1990.

MACHADO, N. Métodos de amostragem aplicados em povoamentos de *Pinus taeda* L. sob diferentes regimes de manejo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agro Veterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2022.

MACHADO, N.; FLORIANI STEPKA, T.; NICOLETTI, M. F. Sampling using the Bitterlich method in *Pinus taeda* L. plantations with distinct management systems. **Floresta**, v. 53, n. 1, p. 089-098, 2023.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2 ed. Irati: Unicentro, 2014.

MIRANDA, D. L. C.; FRANCIO, J.; SANTOS, J. P.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. Precisão e eficiência relativa de métodos de amostragem em teca. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 35, n. 83, p. 247-254, 2015.

MIRANDA, R. O. V. de; ZARPELON, F. de A.; KOHLER, S. V.; SOARES, A. A. V.; MIRANDA, I. D. S.; KUCHLA, W. C. Precision and accuracy of sampling methods in thinned *Pinus taeda* L. STANDS. **Floresta**, v. 52, n. 1, p. 045-053, 2022.

MORDOR INTELLIGENCE. Natural Rubber Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2022-2027). Mordor Intelligence, 2022. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/natural-rubber-market>. Acesso em: abril de 2023.

MOSCOVICH, A. F.; BRENA, A. A. D.; LONGHI, J. S. Comparação de diferentes métodos de amostragem, de área fixa e variável, em uma floresta de *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, v. 2, n. 1, 173–191, 1991.

PERES JÚNIOR, J. B. R. Estudo das características do látex e da borracha de *Hevea brasiliensis* cultivadas e nativas da Amazônia. **Tese de doutorado - universidade de Brasília, instituto de química, programa de pós-graduação em química**. 2019.

RODRIGUES, V.; COSTA, P. Análise de diferentes de substratos no crescimento de mudas de seringueira. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 8, n. 14, 2009.

SANTOS, F.; ARAÚJO, J.; ANDRADE, W. Comparação dos métodos de amostragem parcela de área fixa e strand em floresta de eucalipto. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 174-177, 2013.

SILVA, G. A.; GONÇALVES, W.; LEITE, G. Estudo comparativo entre os procedimentos de amostragem casual simples e amostragem sistemática em inventários de arborização urbana. **Natureza e Desenvolvimento**, v. 1, n 1, p. 67-73, 2005.

SILVA, M. J.; FIALHO, J. F.; SAVAREZ, T.; LIMA, W. A. A.; MARTINS, M. A. Caracterização da borracha de genótipos do banco de germoplasma de seringueira da Embrapa cerrados - origem Amazonas. VI Congresso Brasileiro de Heveicultura - Universidade Federal de São Carlos /Embrapa Instrumentação, Belo Horizonte /MG, 2019.

SILVA, T. S.; MELLO, M. J.; JUNIOR, A. W. F.; REIS, A. A.; RAIMUNDO, R. M.; SILVA, G. L. I.; SCOLFORO, S. R. J. Uso de imagens de sensoriamento remoto para estratificação do cerrado em inventários florestais. **Brazilian Journal of Forestry Research**, v. 34, n. 80, p. 337-343, 2014.

TÉO, S. J.; MARCON, F.; SCHNEIDER, C. R.; SANTOS, F. B.; CHIARELLO, K. M. A.; FIORENTIN, L. D. Modelagem da distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lebon Régis, SC. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 337-348, 2015.

TÉO, S. J.; SCHNEIDER, C. R.; FIORENTIN, L. D.; COSTA, R. H. Comparação de métodos de amostragem em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, em Lebon Régis, SC. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 3, p. 393-402, jul./set. 2014.

VINISQUI, A. M.; ALMEIDA, R. H. C.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; Variabilidade pluviométrica

(2002-2017) de Monte Carmelo, Minas Gerais, SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS, 2018.