

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
CAMPUS DE DOIS VIZINHOS

VINÍCIUS CHAVES DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA DENSIDADE E ORIENTAÇÃO DE MANEJO DE  
POVOAMENTOS DE *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. NO MUNICÍPIO DE  
MARIÓPOLIS - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS  
2017

VINÍCIUS CHAVES DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA DENSIDADE E ORIENTAÇÃO DE MANEJO DE  
POVOAMENTOS DE *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. NO MUNICÍPIO DE  
MARIÓPOLIS - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador:  
Prof. Dr. Cláudio Thomas

DOIS VIZINHOS

2017

A447a Almeida, Vinícius Chaves de.

Avaliação da densidade e orientação de manejo de povoamentos de *pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. no município de Mariópolis - PR / Vinícius Chaves de Almeida – Dois Vizinhos, 2017.

51f.:il.

Orientador: Dr. Cláudio Thomas

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal, Dois Vizinhos, 2017.

Bibliografia p. 47-51



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### **AVALIAÇÃO DA DENSIDADE E ORIENTAÇÃO DE MANEJO DE POVOAMENTOS DE *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. NO MUNICÍPIO DE MARIÓPOLIS - PR**

por

VINÍCIUS CHAVES DE ALMEIDA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 07 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Cláudio Thomas  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Elisabete Vuaden  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Veridiana Padoin Weber  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. Dr. Edgar de Souza Vismara  
Membro titular (UTFPR)

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Agradeço a minha mãe Helena, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Ao meu pai que apesar de todas as dificuldades me fortaleceu e que para mim foi muito importante.

Obrigado meus irmãos, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

Obrigado nona Semilda, vó Jurema e tia Zenair pela contribuição valiosa.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Cláudio Thomas, pela orientação, apoio e confiança.

Meus agradecimentos a todos os meus amigos, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida.

*"Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos."*

(Fernando Teixeira de Andrade)

## RESUMO

ALMEIDA, Vinícius C. de. **AVALIAÇÃO DA DENSIDADE E ORIENTAÇÃO DE MANEJO DE POVOAMENTOS DE *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. NO MUNICÍPIO DE MARIÓPOLIS – PR.** 2017. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.

No desenvolvimento de um plantio florestal, as árvores são influenciadas por suas características genéticas e pelas condições impostas pelo ambiente, desenvolvendo-se até atingir um limite na relação entre o número de árvores e o seu tamanho. Portanto, conhecer o número máximo de indivíduos que um povoamento suporta é essencial para alcançar o máximo aproveitamento produtivo, além de embasar a realização de intervenções silviculturais que visam reduzir a competição e evitar o autodesbaste. Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a densidade e orientar o manejo de povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. no Sudoeste do Paraná. Para a coleta dos dados foram escolhidos preferencialmente pontos onde há a ocorrência de indivíduos mortos. Utilizando-se do método de amostragem proposto por Bitterlich, onde foram coletados dados provenientes de 10 pontos amostrais de quatro povoamentos, com 15, 18, 20 e 25 anos, localizados em uma propriedade no município de Mariópolis - PR. Dos indivíduos incluídos na unidade amostral foram mensuradas a altura, CAP, e a distância da árvore central até as concorrentes. Posteriormente, foi realizada a avaliação da densidade pontual pelo método proposto por Spurr, utilizando um FAB de 2,3. Os pesos de desbaste foram definidos com base no índice de espaçamento relativo. Os povoamentos com 20 e 25 anos demonstraram estar em elevada competição, necessitando de intervenção silvicultural imediata. O que não se aplica neste momento aos povoamentos com 15 e 18 anos, que ainda apresentam potencial de incremento até que seja necessário o controle da densidade. Os pesos de desbastes para os povoamentos de 20 e 25 anos foram de 38,5% e 41% do número de árvores, respectivamente.

**Palavras-chave:** Competição, Dendrograma, Desbastes.

## ABSTRACT

ALMEIDA, Vinícius C. de. **DENSITY EVALUATION AND MANAGEMENT ORIENTATION OF *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. STANDS IN THE MUNICIPALITY OF MARIÓPOLIS - PR.** 2017. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.

In the development of a forest plantation, trees are influenced by their genetic characteristics and the conditions imposed by the environment, developing until reaching a limit in the relation between the number of trees and their size. Therefore, knowing the maximum number of individuals that a stand supports is essential to achieve maximum productive use, as well as supporting silvicultural interventions aimed at reducing competition and avoiding self-thinning. This work had as main objective to evaluate the density and to guide the management of stands of *Pinus elliottii* Engelm. In the Southwest of Paraná. In order to collect the data, preference was given to points where there were occurrences of dead individuals. Using the sampling method proposed by Bitterlich, where data were collected from 10 sample points of four stands, with 15, 18, 20 and 25 years old, located in a property in the municipality of Mariópolis - PR. From the individuals included in the sample unit were measured the height, CBH, and the distance from the central tree to the competitors. Subsequently, the punctual density was evaluated by the method proposed by Spurr, using a BAF of 2.3. The roughing weights were defined based on the relative spacing index. Stands with 20 and 25 years of age demonstrated to be in high competition, requiring immediate silvicultural intervention. This does not apply at this time to stands of 15 and 18 years of age, which still have potential to increase until density control is necessary. The level of thinnings for stands of 20 and 25 years were 38.5% and 41% of the number of trees, respectively.

**Keywords:** Competition, Dendrogram, Thinning.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>1.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	9
<b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	9
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	10
<b>2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE</b> .....	10
<b>2.2 DENSIDADE DE POVOAMENTOS FLORESTAIS</b> .....	11
<b>2.3 AUTODESBASTE EM POVOAMENTOS FLORESTAIS</b> .....	13
<b>2.4 DESBASTE EM POVOAMENTOS FLORESTAIS</b> .....	14
<b>2.4.1 Dendrogramas de manejo da densidade</b> .....	15
<b>2.4.2 Índice de espaçamento relativo</b> .....	17
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	19
<b>3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	19
<b>3.2 VARIÁVEIS MEDIDAS</b> .....	20
<b>3.2.1 Altura (h)</b> .....	21
<b>3.2.2 Circunferência à altura do peito (CAP)</b> .....	21
<b>3.2.3 Distância entre a árvore central e as concorrentes</b> .....	21
<b>3.3 AVALIAÇÃO DA DENSIDADE</b> .....	22
<b>3.3.1 Área basal por hectare (G)</b> .....	23
<b>3.3.2 Número de árvores por hectare (N)</b> .....	24
<b>3.3.3 Diâmetro médio quadrático (dg)</b> .....	24
<b>3.4 ÍNDICE DE ESPAÇAMENTO RELATIVO (S%)</b> .....	24
<b>3.5 UTILIZAÇÃO DE DENDROGRAMA DE MANEJO DA DENSIDADE</b> .....	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
<b>4.1 ÍNDICE DE ESPAÇAMENTO RELATIVO</b> .....	27
<b>4.2 DENSIDADE PONTUAL</b> .....	31
<b>4.3 DENDROGRAMA DE MANEJO DA DENSIDADE</b> .....	34
<b>4.3.1 Plano de desbaste para o povoamento com 25 anos</b> .....	36
<b>4.3.2 Plano de desbaste para o povoamento com 20 anos</b> .....	38
<b>4.3.3 Plano de desbaste para o povoamento com 18 anos</b> .....	40
<b>4.3.4 Plano de desbaste para o povoamento com 15 anos</b> .....	42
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	46
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	47

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de madeira pela sociedade faz com que diversas empresas do setor florestal produzam madeira a partir de plantios com espécies exóticas de crescimento acelerado, excelente adaptação e rusticidade. Assim, o cultivo dessas espécies torna-se a principal fonte de matéria prima que abastece a demanda do mercado, estabelecendo-se como uma alternativa a exploração das florestas nativas (WOLFF, 2012).

Essa produção é influenciada pela densidade que o povoamento se encontra, relacionando-se com a qualidade do produto e conseqüentemente com o seu valor de mercado. Assim, dependendo do objetivo de produção, quanto menor a densidade de um povoamento, melhor será a qualidade da madeira, e quanto maior a densidade menor será a qualidade (SELLE et al., 1994).

No desenvolvimento de um plantio florestal, as árvores são influenciadas por suas características genéticas e pelas condições impostas pelo ambiente, desenvolvendo-se até atingir um limite na relação entre o número de árvores e o seu tamanho. Portanto, conhecer o número máximo de indivíduos que um povoamento suporta é essencial para alcançar o máximo aproveitamento produtivo, além de embasar a realização de intervenções silviculturais que visam reduzir a competição e evitar o autodesbaste.

Intervenções nos povoamentos por meio de desbastes aumentam o espaço disponível para o crescimento dos indivíduos remanescentes, melhorando sua qualidade e suas dimensões, agregando maior valor ao produto final. A época e o peso adequado para realização de desbastes possuem grande importância, pois se praticados erroneamente, aumentam o custo de produção (FINGER & SCHNEIDER, 1999).

Tendo em vista a necessidade de um maior aprofundamento dos estudos relacionado ao manejo da espécie na região Sudoeste do Paraná, o estudo torna-se relevante para o povoamento em questão, pois permitirão um melhor domínio, planejamento e controle dos processos produtivos. Além de embasar futuras intervenções em áreas dentro da mesma zona climática, fornecendo assim um parâmetro mais adequado na tomada de decisões.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a densidade e orientar o manejo de povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. no Município de Mariópolis - PR.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a relação entre a área basal por hectare, diâmetro médio quadrático e o número de árvores por hectare.
- Determinar o ponto de máximo estoque em povoamentos de *Pinus elliottii*.
- Avaliar a densidade populacional pelo índice de espaçamento relativo (S%).
- Avaliar a densidade populacional por meio de Dendrogramas de Manejo da Densidade desenvolvidos para a espécie.
- Definir planos de desbastes visando a produção de indivíduos de grandes dimensões.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

O gênero *Pinus* consiste em uma das mais importantes espécies da silvicultura atualmente utilizadas em plantações florestais no Brasil, ultrapassando nos dias de hoje mais de um milhão e meio de hectares de área plantada (ABRAF, 2013). Isso se deve a sua rusticidade, versatilidade e adaptabilidade, atrelada ao seu ótimo crescimento quando comparado a algumas nativas, além da sua respectiva qualidade da madeira e de seus produtos beneficiários, tornando o cultivo do *Pinus* um sucesso no Brasil (PILAU et al., 2007).

Segundo Balloni (2009) o *Pinus elliottii* Engelm. é uma espécie conífera pertencente à família Pinaceae, composta por gimnospermas e caracterizada por apresentar produção de resina em todos os seus gêneros. A espécie é nativa dos Estados Unidos, sendo cultivada em regiões subtropicais na Índia, China e no Brasil, onde é utilizado principalmente na indústria de móveis e na produção de resina.

Sua introdução no Brasil ocorreu inicialmente nos estados do Sul durante o fim da década de 1940, a escolha da região se deve a compatibilidade do clima subtropical com seu habitat nativo, ocorrendo principalmente por meio do cultivo do *Pinus elliottii* e do *Pinus taeda* (GEORGIN, 2014). Essa introdução segundo Pilau et al. (2007), favoreceu o desenvolvimento das fábricas de celulose, serrarias, papéis, móveis, dentre outras. No decorrer do tempo, outras espécies de *Pinus* de clima tropical foram inseridas, tornando a espécie cultivada em quase todo o país, encontrando-se atualmente em expansão.

Durante a década de 1970, no Brasil houveram inúmeros incentivos fiscais para o reflorestamento, que permitiram um aumento significativo no estoque de madeira desses povoamentos (BRACELPA, 2009).

Essas alternativas de plantio visaram segundo Selle, Schneider & Finger (1994), substituir a madeira da *Araucaria angustifolia*, cujos povoamentos naturais estavam em um processo de rápida exaustão.

## 2.2 DENSIDADE DE POVOAMENTOS FLORESTAIS

A densidade segundo Batista et al. (2014), representa o grau de aglomeração ou adensamento das árvores que compõe um povoamento. Podendo ser entendida também como a área média que cada indivíduo tem disponível para seu crescimento.

Segundo o mesmo autor, há inúmeras formas de expressar a densidade de um sítio, uma das principais e mais simples é a densidade de estande, representada pela razão entre o número de árvores em um povoamento (N) e a sua área (S), sendo expressa pelo número de árvores em um hectare ( $\text{ha}^{-1}$ ). Porém, devido ao espaço que cada árvore ocupa estar diretamente ligado ao seu tamanho, e este método desconsiderá-lo, dois sítios com o mesmo número de indivíduos podem apresentar diferentes graus de adensamento.

A medida de densidade por área basal, considera tanto o número de árvores por unidade de área, como o grau de adensamento em função do tamanho dos indivíduos. Sendo definida a partir da razão entre a soma das áreas transversais das árvores de um povoamento e a sua área, expressa em metros quadrados por hectare ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ ). Este método é apropriado para a mensuração da densidade de um povoamento, levando em conta o grau de ocupação da área disponível ao crescimento das árvores. Porém, por considerar a soma total das áreas transversais, e não levar em conta o tamanho de cada árvore, um plantio com elevada área basal pode ser formado por indivíduos pequenos, bem como, um povoamento com baixa densidade ser formado por grandes indivíduos (BATISTA et al., 2014; SPURR, 1962).

A relação entre o tamanho e o número de árvores, segundo Schneider (2008), tem grande influência na tomada de decisão no manejo florestal, por conseguir estimar a densidade, estoque de madeira, taxa de autodesbaste, grau de disturbância, dentre outras técnicas florestais.

Para isso, desenvolveram-se inúmeros estudos a fim de definir os mais eficientes índices de densidade, que segundo Curtis (1972) e Long & Smith (1985), são baseados na relação do tamanho da árvore média, podendo ser representado pelo diâmetro, altura, biomassa ou volume, com o número de árvores em uma determinada área.

O índice de densidade do povoamento (*stand density index*) foi proposto inicialmente por Reineke (1933), sendo bastante utilizado nos Estados Unidos e

Canadá. Esse método combina a densidade do povoamento (N/ha) e a área basal ( $m^2/ha$ ), gerando segundo Batista et al. (2014), uma relação mais adequada ao manejo da densidade de povoamentos do que se medidos separadamente.

Esse modelo expressa a relação linear (em escala duplo logarítmica), representada pelo diâmetro médio quadrático (dg) e o número de árvores por hectare (N), com um valor constante do coeficiente angular de -1,605, para povoamentos com competição tão elevada a ponto que ocorra o desbaste natural, ou seja, com densidade máxima. Reineke (1933) salienta ainda que a equação é independente da idade e da qualidade do sítio. Segundo Téo et al. (2008), para facilitar a comparação do índice de densidade de povoamento, é usado o número de árvores baseado no diâmetro médio quadrático (dg) de 25 cm.

Segundo Schneider (2008), a relação entre o número de árvores analisadas em um povoamento com máxima densidade com a de um normal, expressa pelo índice de densidade do povoamento, considera o mesmo diâmetro da árvore de área basal média, gerando assim, a densidade máxima que um sítio suporta, alcançando um diâmetro médio previamente fixado. Destaca ainda, que as características edafoclimáticas influem de tal forma que povoamentos da mesma espécie, em diferentes habitats, podem apresentar densidades distintas, mesmo que essa tendência se expresse de forma semelhante. Para isso, são gerados diferentes níveis de densidade de indivíduos por área, com limites paralelos e proporcionais, o que possibilita a criação de uma curva demonstrando o número de árvores por área para todos os diâmetros de área basal média, provenientes de unidades amostrais com alta competitividade.

Um dos métodos mais específicos para estimar a densidade pontual é o proposto por Spurr (1962), onde todos os indivíduos próximos da árvore ou do ponto central, são avaliados a fim de determinar o grau de concorrência entre esses indivíduos. Esse método baseia-se na teoria de amostragem angular de Bitterlich, que utiliza para a inclusão um fator de área basal (FAB), variando de acordo com as características do povoamento. Isso torna o método muito mais trabalhoso, porém, ressalta-se que por apresentar medições mais precisas, é possível coletar dados confiáveis em um menor número de unidades amostrais.

Segundo Thomas (2009), a escolha desse método é válida, pois é muito difícil encontrar florestas que estejam em alta densidade de uma forma homogênea em toda

sua área, tornando possível localizar dentro do povoamento pontos que apresentem mortalidade causada por elevada competição.

### **2.3 AUTODESBASTE EM POVOAMENTOS FLORESTAIS**

O autodesbaste é a redução no número de indivíduos em uma determinada área, devido a mortalidade causada pela competição de uma população florestal por água, luz e nutrientes. Isso acontece, porque no desenvolvimento das árvores a incessante busca por espaço, principalmente à nível aéreo e radicular, resulta em um crescimento em tamanho com o passar da idade. Essa insuficiência de espaço faz com que os indivíduos que tem menor capacidade de competir por esses recursos sejam suprimidos até a morte, possibilitando assim que os indivíduos remanescentes continuem a incrementar seu tamanho e competir pelo espaço deixado pelos que sucumbiram. Este princípio baseia o manejo florestal para realização de desbastes, ou seja, são retirados uma parte dos indivíduos em um povoamento a fim de que as árvores remanescentes tenham espaço e disponibilidade de recursos para aumentarem seu tamanho, principalmente em diâmetro (ASSMANN, 1970).

Com o passar da idade e o envelhecimento dos povoamentos, a sua taxa de mortalidade tende a aumentar, a qual Schneider (2008) recomenda ser evitada, a fim de aproveitar ao máximo a capacidade produtiva de uma área, e evitar prejuízos econômicos pela perda de produção. Isso se torna possível por meio da antecipação das intervenções de desbastes em uma intensidade adequada, levando em consideração a capacidade de produção de cada sítio e a velocidade de crescimento da espécie.

O mesmo autor reitera ainda que em muitos casos se produz madeira com um custo maior que o aceitável, devido a desbastes mal realizados. Entretanto, se bem realizados os desbastes podem reduzir os custos, por meio da produção de toras maiores dos indivíduos remanescentes, bem como, ocasionam a redução da sua rotação.

Desbastes muito leves, segundo Sixel (2008) podem não apresentar nenhum efeito sobre o crescimento das árvores. Já desbastes muito pesados podem acelerar o crescimento inicialmente, porém essa resposta pode não ser imediata, devido ao

tempo necessário para que uma árvore consiga ampliar sua área foliar e radicular, e posteriormente produzir um incremento significativo (DANIELS et al., 1986). Além disso, desbastes muito pesados tendem a reduzir o crescimento em altura, tornando ainda o formato do tronco mais cônico e o aparecimento de galhos e de vegetação no subdossel, causada pela maior penetração de luz, posterior aos desbastes (SIXEL, 2008)

Lacerda e Couto (1993), utilizaram o índice de densidade do povoamento para definir o espaçamento de plantio e desbrota em três sítios e duas rotações distintas para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* plantados no Estado de São Paulo, definindo que o índice de densidade do povoamento (IDP) representaria o número de árvores por hectare que se deve plantar em uma determinada área para que as árvores atinjam um determinado diâmetro de área basal média (dg), em uma idade de corte previamente delimitada, antes que se atinja o autodesbaste.

Os autores concluíram que em sítios com alta produtividade, os espaçamentos podem ser menores quando comparados com sítios de baixa produtividade, demonstrando assim que quanto mais elevada for a disponibilidade de recursos maior será o número de árvores plantado por unidade de área, bem como, para se obter árvores com maiores diâmetros, deve-se utilizar-se maiores espaçamentos. Destacaram ainda, que com o aumento do espaçamento médio por planta a idade de corte também subiu, porém nos melhores sítios essa idade é menor que nos sítios mais pobres.

## **2.4 DESBASTE EM POVOAMENTOS FLORESTAIS**

As variáveis dendrométricas utilizadas para determinar a densidade de um povoamento florestal permitem o diagnóstico do nível de competição e o crescimento das árvores, tornando possível a intervenção silvicultural por meio de desbastes (FINGER & SCHNEIDER, 1999).

A realização de desbastes segundo Scolforo et. al (2001) tem por objetivo, a produção de toras intermediárias antes do corte final, a melhora da homogeneidade do povoamento por meio da retirada de indivíduos defeituosos e de menor porte, além



de permitir o aumento do espaço entre as árvores, reduzindo a competição e evitando a ocorrência do autodesbaste.

Para essa gestão do povoamento, uma das ferramentas mais utilizadas são os Dendrogramas de Manejo da Densidade (DMD) que representam graficamente a relação existente entre o número de árvores por unidade de área, o diâmetro médio quadrático e a área basal, sendo sensíveis as variações que ocorrem na altura, diâmetro e volume. Isso permite aos DMD, a predição dos níveis de crescimento e rendimento, bem como, o devido controle da densidade e o planejamento dos desbastes.

Outra técnica utilizada é o índice de espaçamento relativo, proposto inicialmente por Hart & Becking em 1928, que determina o número de árvores por meio da relação entre o espaço e a altura dominante (SCHNEIDER, 1993).

#### **2.4.1 Dendrogramas de manejo da densidade**

Os dendrogramas de manejo da densidade, de acordo com Newton (1997), podem ser definidos como um processo para controlar a competição em um povoamento florestal, determinando o seu espaçamento e o momento ideal da realização de intervenções por meio de desbastes. Além disso, esses diagramas relacionam por meio de gráficos o tamanho médio das árvores (volume, altura, diâmetro, área basal), com a densidade (número de árvores por hectare), fornecendo ainda curvas de referência para diferentes níveis de densidade em um povoamento (Rivas et al. 2015; Gezan et al. 2007; Chauchard 2004). Segundo Thomas (2009), essa ferramenta tem enorme importância, pois facilita intervenções silviculturais, utilizando o máximo de cada sítio, além de controlar satisfatoriamente a competição dentro de uma floresta.

Na construção dos dendrogramas, as combinações entre tamanho e densidade são plotadas em um gráfico com eixos logaritmicamente transformados, independentemente da idade e da qualidade de sítio (Reineke, 1933). Entretanto, Saunders & Puettmann (2000) salientam que povoamentos naturais com densidades iniciais iguais e que se desenvolvem em diferentes sítios, apresentarão a mesma densidade dentro de um Dendrograma de Manejo da Densidade. Contudo, o

povoamento que se desenvolver em melhor sítio incrementa mais rapidamente quando comparado ao sítio de qualidade inferior.

Partindo de modelos matemáticos que expressam a relação entre o número de árvores por hectare e o diâmetro médio quadrático, obtém-se a máxima área basal que um povoamento florestal pode atingir, ou seja, expressa o momento onde o índice de densidade do povoamento é máximo. A partir disso, torna-se possível a construção da curva de máxima densidade, transcrevendo o número de árvores que se encontram em completa ocupação do sítio, descrevendo assim a concorrência máxima, que expressa o limite superior de estoque dentro de um povoamento (Gezan et al. 2007; Meyer, 2011).

Essa tendência de estoque é descrita por Gingrich (1967) apud THOMAS (2009), que organizou os dendrogramas de forma que a linha de máxima densidade correspondente a 100% do estoque, representasse a capacidade de ocupação máxima para povoamentos sem interferências por desbastes.

Contudo, baseado nesse estoque completo o mesmo autor destaca que abaixo dessa linha, ou seja, sua porção inferior, representa a área de crescimento livre da copa das árvores. A área onde povoamentos se encontram ainda em desenvolvimento de dossel apresenta estoque muito baixo, devido a floresta estar em processo de ocupação.

Essas linhas também podem ser representadas através do índice de densidade do povoamento, onde Schneider (2008), testando a lei do autodesbaste em *Pinus taeda*, obteve resultados mais eficientes para cada IDP, apresentando valores com tendência e erro padrão reduzidos.

Segundo Oliveira (2014), a determinação de uma faixa de manejo permite desbastar utilizando critérios relativos à linha superior ou à inferior, variando de acordo com a finalidade de produção, bem como, sua viabilidade econômica e técnica para efetuar desbastes, cabendo assim optar pela faixa de manejo que oferecerá o melhor resultado. Destaca ainda que a seleção de árvores para desbaste é baseada na avaliação do ponto dentro do povoamento que apresentar o maior grau de competição.

Conseqüentemente, a regulagem adequada da densidade através do DMD permite uma boa condução de um plantio, mantendo a finalidade desejada, bem como, permitindo o prognóstico das características futuras do povoamento, proporcionando intervenções silviculturais de maneira rápida e fácil, conservando

assim um nível de competição adequado. Essa técnica permitiu a construção de importantes instrumentos na condução de povoamentos, incorporando conceitos biológicos, baseados principalmente nas relações entre o tamanho e a densidade, como o número de árvores por hectare e a área basal (SELLE, 2009).

#### 2.4.2 Índice de espaçamento relativo

O método de Hart-Becking ou índice de espaçamento relativo (S%), baseia-se na teoria de que uma árvore de determinada dimensão, deveria possuir um espaço suficiente para o desenvolvimento do seu diâmetro de copa. O S% é expressado a partir da relação entre o espaço médio das árvores e a altura dominante do povoamento. Conforme citam Finger & Schneider (1999), a elaboração deste método é simples, permitindo alcançar o número de árvores a ser retirado do povoamento para um determinado índice de espaçamento relativo desejado (S'%) para a espécie, desenvolvido a partir de experimentos de desbaste.

Uma das vantagens de utilizar a altura dominante na determinação do índice, ocorre por ser uma variável, que dentro de certos limites, é considerada independente do sítio e não influenciada por desbaste por baixo (FINGER & SCHNEIDER, 1999). Já a principal desvantagem na utilização, segundo Assmann (1970), é a alteração do valor do índice com o aumento da idade, mesmo em povoamentos não desbastados.

As árvores de povoamentos com alto grau de competição aos níveis radicular e de copa tendem a sofrer um estreitamento de copa, resultado dessa competição excessiva e também do choque entre as copas causado pelo vento. Nem mesmo os indivíduos dominantes escapam de tal influência, ou seja, árvores dominantes com mesma altura crescendo em povoamentos desbastados e não desbastados, terão espaços livres para crescimento diferentes e conseqüentemente, diâmetros distintos.

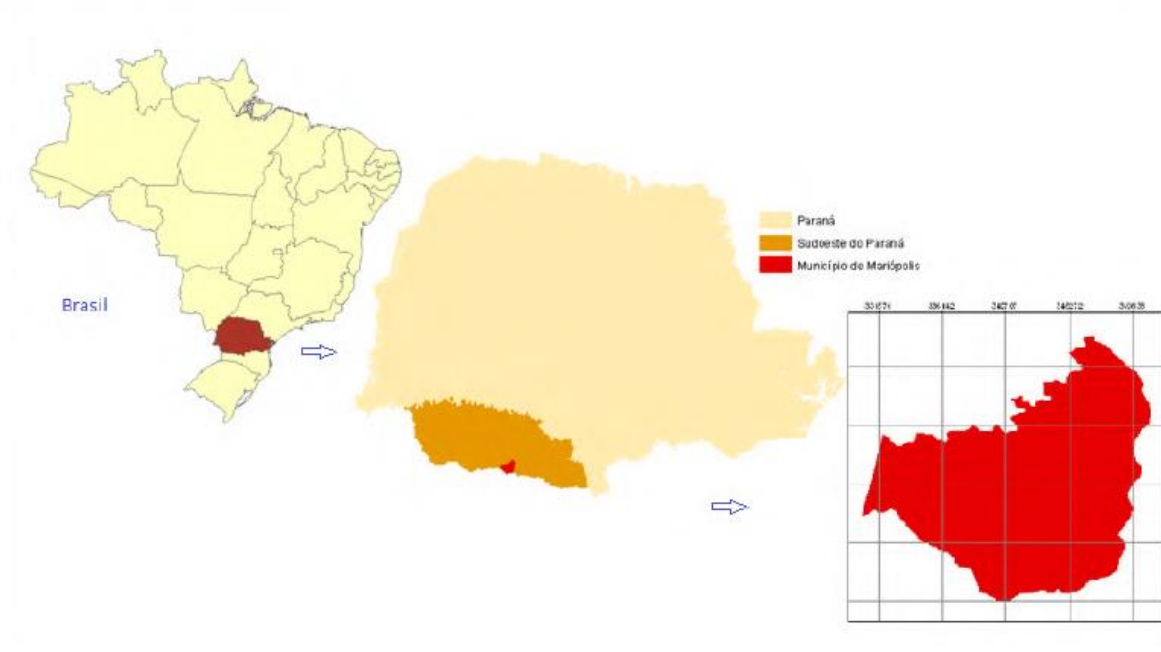
Baseado nisso, Fishwick (1975), testou o índice de espaçamento relativo em experimentos de desbastes com *Pinus elliottii*, definindo que o momento de máxima produção de área basal é quando o "S" atinge 21%. Destaca também, que quando o índice cai a valores menos que 16%, o povoamento está em competição severa, podendo perder até ¼ do incremento potencial. Portanto, o autor recomenda que o

primeiro desbaste ocorra com um peso que leve o índice de espaçamento relativo para 21%.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

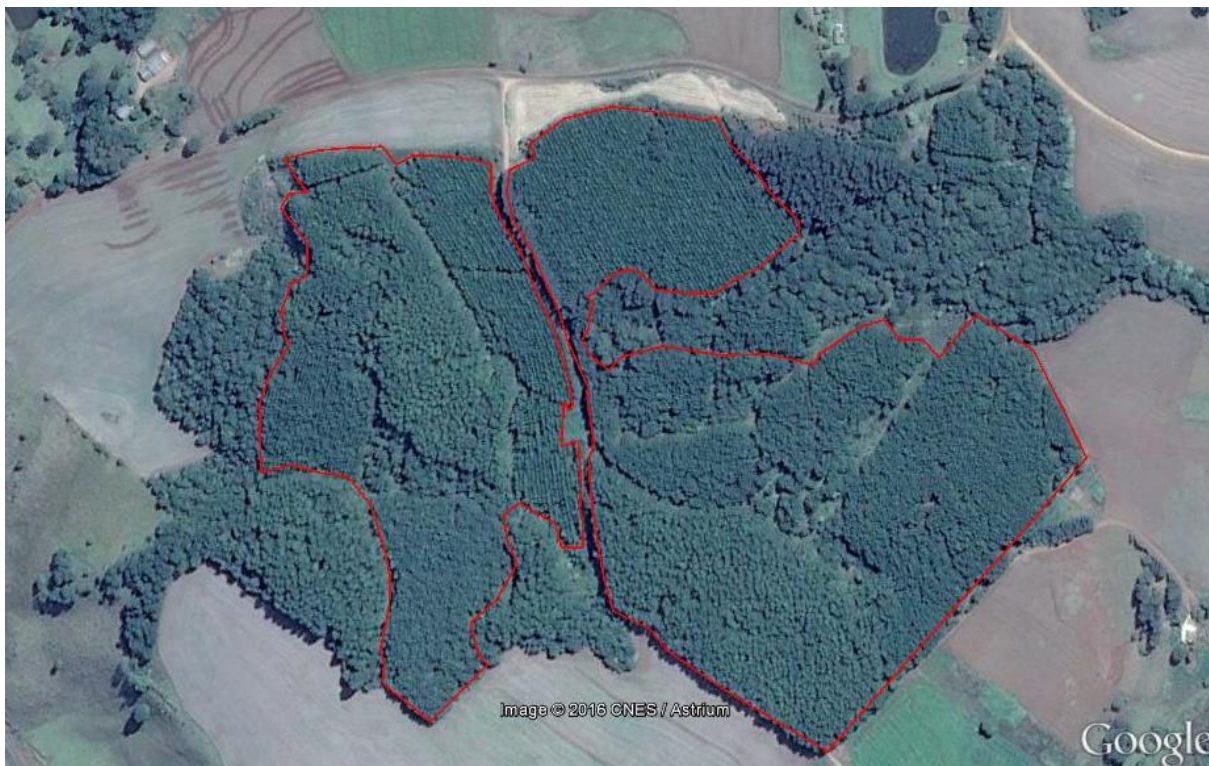
A área de estudo se localiza no município de Mariópolis, na região Sudoeste do Paraná (figura 1), entre a Latitude  $26^{\circ} 21' 17''$  S e Longitude  $52^{\circ} 33' 31''$  W, apresentando relevo levemente ondulado, com altitude média de 850 metros. O município pertence ao Terceiro Planalto do Paraná, caracterizado pela grande uniformidade geológica e predominância de rocha basáltica. Os solos da região são de natureza bastante diversificada, sendo em sua grande maioria Latossolos Roxos e Nitossolos Vermelhos Eutróficos (CANTON, 2014).



**Figura 1:** Localização do município de estudo  
**Fonte:** STEFFANI (2012)

Quanto ao clima, o município de Mariópolis está sob influência do tipo Cfb da classificação de Köppen, apresentando média do mês mais quente inferior a  $22^{\circ}\text{C}$  e do mês mais frio inferior a  $18^{\circ}\text{C}$ , com pluviosidade anual entre 1.600 mm à 2.000 mm e geadas severas frequentes. (MAACK, 1981).

O local onde foram coletados os dados (figura 2), encontra-se às margens do rio Pato Branco em uma área com quatro povoamentos de *Pinus elliottii* com 15, 18, 20 e 25 anos.



**Figura 2:** Local onde foram coletados os dados  
**Fonte:** Adaptado de Google Earth (2017)

### 3.2 VARIÁVEIS MEDIDAS

Foram instalados 10 pontos amostrais pelo método de Bitterlich em cada um dos quatro povoamentos analisados. Dentro de cada unidade amostral, foram mensuradas a altura (m), circunferência à altura do peito (cm) e a distância (m) entre a árvore central e as competidoras.

### 3.2.1 Altura (h)

A altura foi medida em metros com auxílio de um Vertex III e um transponder posicionado a 1,30 metros de altura.

### 3.2.2 Circunferência à altura do peito (CAP)

A circunferência foi medida em centímetros com auxílio de um trena métrica posicionada a altura do peito, onde posteriormente esse valor foi convertido para diâmetro à altura do peito (DAP) através da equação 1.

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (1)$$

Sendo: DAP = Diâmetro a altura do peito (cm); CAP = Circunferência a altura do peito (cm);  $\pi$  = Constante matemática (aproximadamente 3,1416)

### 3.2.3 Distância entre a árvore central e as concorrentes

Com auxílio do vertex, a partir da árvore central (figura 3) foram coletadas as distâncias em metros até os indivíduos concorrentes mais próximos, sendo incluídos na unidade amostral por meio da teoria de amostragem angular de Bitterlich.





**Figura 3:** Copas da árvore central e das concorrentes mais próximas no povoamento com 20 anos de idade

**Fonte:** O Autor (2017)

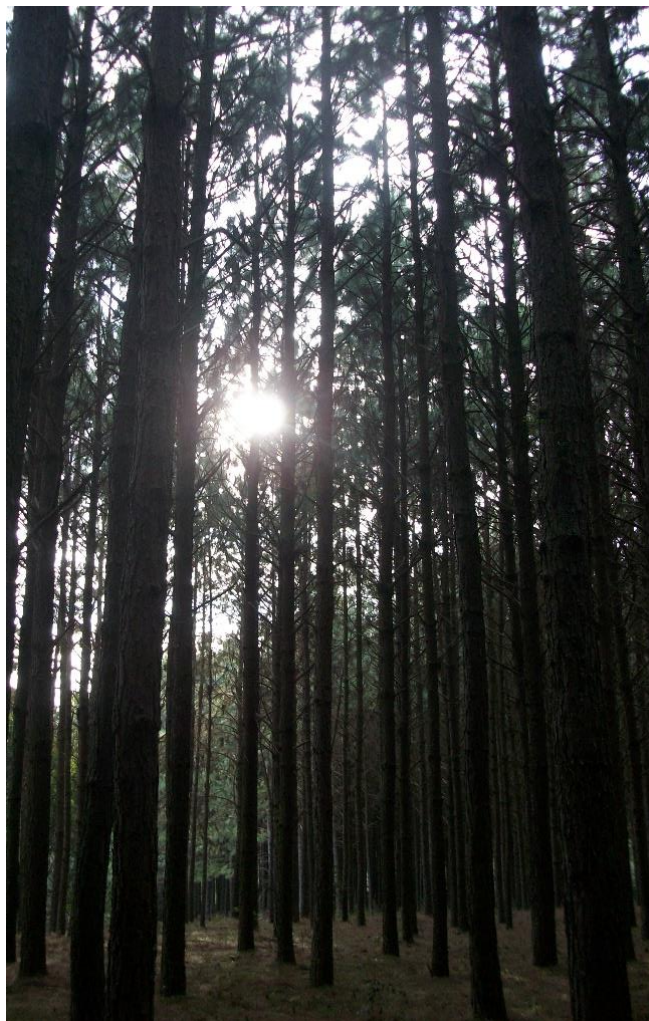
### 3.3 AVALIAÇÃO DA DENSIDADE

O método de avaliação da densidade proposto por Spurr (1962) permitiu determinar a densidade pontual baseada na distância calculada a partir do DAP dos indivíduos próximos (equação 2), utilizando um Fator de Área Basal de 2,3 para avaliar a competição, conforme proposto por Daniels et al. (1986).

$$L = \frac{0,5 * DAP}{\sqrt{FAB}} \quad (2)$$

Sendo: L = Distância calculada a partir do DAP da árvore vizinha para determinar a sua inclusão ou não na unidade amostral (m); DAP = Diâmetro a altura do peito (cm); FAB = Fator de área basal adotado na amostragem





**Figura 4:** Povoamento com 20 anos de idade  
**Fonte:** O Autor (2017)

### 3.3.1 Área basal por hectare (G)

Para obter a área basal por hectare (G), utilizou-se o método baseado na densidade pontual proposto por Spurr (1962), conforme equação 3.

$$G_{pontual} = \sum_{i=1}^n \left[ \left( i - \frac{1}{2} \right) * \left( 0,25 * \left( \frac{Di}{Li} \right)^2 \right) \right] \quad (3)$$

Sendo:  $G_{pontual}$  = Área basal ( $m^2/ha$ ) no ponto de amostragem;  $i$  = Número de árvores ranqueadas a partir da relação entre diâmetro e distância da árvore competidora até a central;  $Di$  = diâmetro da árvore competidora (cm);  $Li$  = Distância da árvore competidora até a central (m).

### 3.3.2 Número de árvores por hectare (N)

Para calcular o número de árvores por hectare foi empregada a teoria de amostragem angular de Bitterlich, sendo obtida pelo inverso da soma das áreas basais dos indivíduos incluídos na unidade amostral, multiplicado pelo Fator de Área Basal (2,3), como descrito na equação 4.

$$N/ha = FAB * \sum_{i=1}^m \frac{1}{g_i} \quad (4)$$

Sendo: N/ha = Número de árvores por hectare; FAB = Fator de área basal adotado na amostragem;  $g_i$  = Área basal i-ésima árvore medida na unidade amostral ( $m^2$ ).

### 3.3.3 Diâmetro médio quadrático (dg)

O diâmetro médio quadrático foi calculado a partir da divisão entre a área basal por hectare pelo número de árvores por hectare, conforme demonstra a equação 5.

$$dg = \sqrt{\left[ 4 * \left( \frac{G/ha}{N/ha} \right) / \pi \right] * 100} \quad (5)$$

Sendo: dg = Diâmetro médio quadrático (cm); G/ha = Área basal por hectare; N/ha = Número de árvores por hectare;  $\pi$  = Constante matemática (aproximadamente 3,1416).

### 3.4 ÍNDICE DE ESPAÇAMENTO RELATIVO (S%)

O índice de espaçamento relativo foi calculado para cada ponto amostral em cada povoamento analisado, posteriormente foi realizada a média aritmética, definindo assim um S% atual do povoamento para cada idade.

A altura dominante foi estimada por meio da média aritmética das alturas totais dos três indivíduos de maior diâmetro a altura do peito (DAP) em cada ponto amostral, conforme proposto por Costa et al. (2016), demonstrado pela equação 6.

$$h_{dom} = \left( \sum_{j=i}^{n=3} \frac{h}{n} \right) \quad (6)$$

Sendo:  $h_{dom}$  = Altura dominante (m);  $h$  = Altura total (m);

O cálculo do índice de espaçamento relativo (S%) foi realizado por meio da equação 7.

$$S\% = \left( \frac{EM}{h_{dom}} \right) * 100 \quad (7)$$

Sendo: S% = Índice de espaçamento relativo atual; EM = Espaço médio linear (m);  $h_{dom}$  = Altura dominante.

Após o cálculo do Índice de espaçamento relativo atual, foi possível calcular o espaço médio desejado, com base em um S' ideal de 21% e pela altura dominante, conforme proposto por Fishwick (1975), demonstrado pela equação 8.

$$21\% = \left( \frac{EMD}{h_{dom}} \right) * 100 \quad (8)$$

Sendo: 21% = Índice de espaçamento relativo ideal; EMD = Espaço médio desejado (m);  $h_{dom}$  = Altura dominante.

A partir do espaço médio desejado foi possível calcular o número de árvores remanescentes no povoamento, conforme a equação 9.

$$NR/ha = \left( \frac{10000}{EMD^2 * 0,8666} \right) \quad (9)$$

Sendo: NR/ha = Número de árvores por hectare remanescentes no povoamento;  $EMD^2$  = Espaço médio desejado (m);

O número de árvores a ser desbastado foi calculado a partir da equação 10.

$$ND/ha = N/ha - NR/ha \quad (10)$$

Sendo: ND/ha = Número de árvores por hectare que serão retiradas do povoamento; N/ha= Número de árvores por hectare; NR/ha= Número de árvores por hectare remanescentes no povoamento;

Por fim, baseado no número de árvores foi possível calcular o peso de desbaste a ser realizado no povoamento, conforme demonstra a equação 11.

$$PD/ha = \frac{ND/ha}{N/ha} * 100 \quad (11)$$

Sendo: PD/ha= Peso de desbaste por hectare (%); ND/ha = Número de árvores por hectare que serão retiradas do povoamento; N/ha= Número de árvores por hectare;

### 3.5 UTILIZAÇÃO DE DENDROGRAMA DE MANEJO DA DENSIDADE

A partir do cálculo da densidade pontual proposta por Spurr (1962), foi possível representar a localização gráfica dos quatro povoamentos analisados, por meio do Dendrograma de Manejo da Densidade construído por Thomas (2009).

Com base na situação atual dos povoamentos foram gerados diferentes gráficos visando o desenvolvimento de planos de desbaste para retomar o melhor incremento possível do local.

O peso de desbaste utilizado no gráfico foi definido com base no índice de espaçamento relativo para os povoamentos com 20 e 25 anos, permitindo a condução da competição à níveis desejados, atingindo um espaço médio ideal entre as árvores. Para os povoamentos com 15 e 18 anos o peso de desbaste foi definido visando deixar um número de árvores remanescentes entre 300 e 400 indivíduos para o corte final, seguindo a maioria dos planos de manejo desenvolvidos pelas empresas do setor florestal, que produzem Pinus com grandes dimensões.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o desenvolvimento deste trabalho foram coletados dados de variáveis quantitativas de quatro povoamentos distintos, com idades de 15, 18, 20 e 25 anos. Em cada povoamento foram instalados 10 pontos amostrais (figura 5), onde o método utilizado para inclusão das árvores foi o proposto por Bitterlich, resultando na análise de 712 árvores.

### 4.1 ÍNDICE DE ESPAÇAMENTO RELATIVO

Ao analisar o índice de espaçamento relativo, considerou-se uma densidade ideal de 21%, e um nível de competição elevado quando o índice de espaçamento relativo for menor que 16%, conforme proposto por Fishwick (1975).

Baseado nisso, Finger & Schneider (1999) avaliaram o índice de espaçamento relativo (S%) em um povoamento de *Eucalyptus grandis* e constataram a sua eficiência como parâmetro para definição do peso de desbaste, sendo que o S% aumentou com o crescimento da altura dominante, porém com o aumento da área basal mantida após o desbaste houve uma redução da amplitude do índice, permitindo conforme o incremento do povoamento a definição de diferentes pesos de desbastes.

Por meio dessa ótica foi possível avaliar o índice de espaçamento relativo para os quatro povoamentos analisados, permitindo a partir de um espaço médio desejado a definição do peso de desbaste a ser executado nos locais sob competição.

A tabela 1 demonstra o comportamento das variáveis em cada ponto amostral e o valor médio do povoamento de 25 anos de idade.

**Tabela 1:** Índice de espaçamento relativo (S%) como parâmetro na definição do peso de desbaste para povoamento de *Pinus elliottii* com 25 anos de idade, no município de Mariópolis – PR.

Ponto Amostral	hdom (m)	S%	EMD (m)	N/ha	NR/ha	ND/ha	PD (%)
1	28,3	16,8	5,9	443	327	115	26,0
2	29,5	14,0	6,2	583	300	283	48,5
3	22,9	14,2	4,8	948	499	449	47,4
4	24,0	13,8	5,0	919	456	463	50,4
5	25,0	14,4	5,2	771	420	351	45,5
6	24,0	15,7	5,0	701	453	248	35,4
7	28,8	14,5	6,0	576	316	259	45,1
8	26,2	16,6	5,5	532	382	150	28,2
9	27,1	15,3	5,7	583	356	227	38,9
10	26,2	16,3	5,5	550	382	167	30,5
<b>Média</b>	<b>26,2</b>	<b>15,2</b>	<b>5,5</b>	<b>660</b>	<b>389</b>	<b>271</b>	<b>41,0*</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>2,2</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>	<b>169</b>	<b>66</b>	<b>119</b>	<b>9,1</b>
<b>CV (%)</b>	<b>8,5</b>	<b>7,5</b>	<b>8,5</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>44</b>	<b>22,9</b>

Legenda: hdom = Altura dominante; S% = Índice de espaçamento relativo; EMD = Espaço médio desejado; N = Número de árvores por hectare; NR = Número de árvores remanescentes; ND = Número de árvores desbastadas; PD = Peso de desbaste.  
\* Peso de desbaste relativo ao ND/ha médio e ao N/ha médio.

A grande maioria dos pontos amostrais se encontram com o índice de espaçamento relativo (S%) abaixo de 16%, sendo que a média para o povoamento foi de 15,2%, constatando um alto nível de competição na área.

Com base em um S ideal de 21% e na altura dominante, obtida por meio da média aritmética das alturas totais dos três indivíduos com maior DAP dentro de cada ponto amostral, foi possível calcular um peso de desbaste de 41%, objetivando atingir um espaço médio desejado entre árvores de 5,5 metros, após o desbaste.

Os pontos amostrais 1, 8 e 10, apresentaram valores de S de 16,8%, 16,6% e 16,3% respectivamente, acima dos 16% considerados por Fishwick (1975) para povoamentos em elevada competição, porém distantes do ideal de 21% idealizado pelo mesmo autor, entretanto considera-se pela proximidade com o parâmetro de competição como pontos em alta densidade.

O povoamento com 20 anos de idade também se encontra em competição, conforme demonstrado pela tabela 2.

**Tabela 2:** Índice de espaçamento relativo (S%) como parâmetro na definição do peso de desbaste para povoamento de *Pinus elliottii* com 20 anos de idade, no município de Mariópolis – PR.

Ponto Amostral	hdom (m)	S%	EMD (m)	N/ha	NR/ha	ND/ha	PD (%)
1	25,0	12,5	5,3	1026	419	608	59,2
2	25,9	14,6	5,4	696	389	307	44,1
3	24,2	15,5	5,1	711	446	265	37,3
4	24,8	14,9	5,2	735	424	311	42,3
5	25,8	15,9	5,4	592	393	199	33,6
6	24,1	16,0	5,1	675	449	225	33,4
7	23,6	16,7	4,9	642	471	171	26,6
8	29,9	13,0	6,3	660	292	368	55,8
9	20,4	17,4	4,3	797	631	166	20,8
10	18,4	16,5	3,9	1077	770	307	28,5
<b>Média</b>	<b>24,2</b>	<b>15,3</b>	<b>5,1</b>	<b>761</b>	<b>468</b>	<b>293</b>	<b>38,5*</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>3,1</b>	<b>1,6</b>	<b>0,7</b>	<b>163</b>	<b>136</b>	<b>129</b>	<b>12,4</b>
<b>CV (%)</b>	<b>12,9</b>	<b>10,4</b>	<b>12,9</b>	<b>21</b>	<b>29</b>	<b>44</b>	<b>32,4</b>

Legenda: hdom = Altura dominante; S% = Índice de espaçamento relativo; EMD = Espaço médio desejado; N = Número de árvores por hectare; NR = Número de árvores remanescentes; ND = Número de árvores desbastadas; PD = Peso de desbaste.  
\* Peso de desbaste relativo ao ND/ha médio e ao N/ha médio.

A tabela 2 demonstra um índice de espaçamento relativo (S%) de 15,3%, próximo ao encontrado no povoamento anterior, destacam-se os pontos 1 e 8 que apresentaram S% de 12,5% e 13%, estando em elevada competição.

A partir do S% foi possível definir um peso de desbaste de 38,5%, que causará a remoção de 293 árvores por hectare, permitindo ao povoamento atingir 5,1 metros de espaço médio desejado entre árvores.

O ponto 9 demonstrou um índice de espaçamento relativo de 17,4%, evidenciando que a densidade e consequentemente a competição não são homogêneas à nível de povoamento.

Já o povoamento com 18 anos de idade apresenta valor médio de 19,2% para o índice de espaçamento relativo (tabela 3).

**Tabela 3:** Índice de espaçamento relativo (S%) e altura dominante (hdom) de povoamento de *Pinus elliottii* com 18 anos de idade, no município de Mariópolis – PR.

Ponto Amostral	hdom (m)	S%
1	23,3	21,1
2	22,4	19,4
3	22,4	19,2
4	22,8	17,7
5	24,3	18,1
6	22,0	24,2
7	24,0	16,1
8	19,3	18,8
9	19,3	18,5

	10	18,9	19,4
<b>Média</b>	<b>21,9</b>	<b>19,2</b>	
<b>Desvio Padrão</b>	<b>2,0</b>	<b>2,2</b>	
<b>CV (%)</b>	<b>9,2</b>	<b>11,3</b>	

Legenda: hdom = Altura dominante; S = Índice de espaçamento relativo;

A tabela 3 evidencia que o local não está em estado de competição elevado que afete o desenvolvimento do povoamento. Apesar do ponto 7 estar com 16,1% apresentar valores que reforcem o contrário, não traduz a situação do povoamento.

Isso pode ser causado por uma melhor disponibilidade de recursos, que permitiu aos indivíduos desse ponto incrementar em uma taxa mais rápida, quando comparado ao restante do povoamento, atingindo assim, um nível de competição maior em um menor período de tempo.

A tabela 4 apresenta os resultados do índice de espaçamento relativo para o povoamento com 15 anos, que também não apresenta competição à nível de povoamento.

Porém, pela tendência dos valores de S% pontual e a nível de povoamento (17,7 %), o povoamento com 15 anos tende a atingir um grau de competição elevado primeiro que o povoamento de 20 anos.

**Tabela 4:** Índice de espaçamento relativo (S%) e altura dominante (hdom) de povoamento de *Pinus elliottii* com 15 anos de idade, no município de Mariópolis – PR.

<b>Ponto Amostral</b>	<b>hdom (m)</b>	<b>S%</b>
1	21,0	16,1
2	23,2	17,3
3	20,7	19,5
4	20,7	17,2
5	20,5	19,5
6	20,4	18,6
7	20,4	18,4
8	21,7	16,8
9	23,2	17,0
10	21,9	16,6
<b>Média</b>	<b>21,4</b>	<b>17,7</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>
<b>CV (%)</b>	<b>5,2</b>	<b>6,9</b>

Legenda: hdom = Altura dominante; S = Índice de espaçamento relativo;

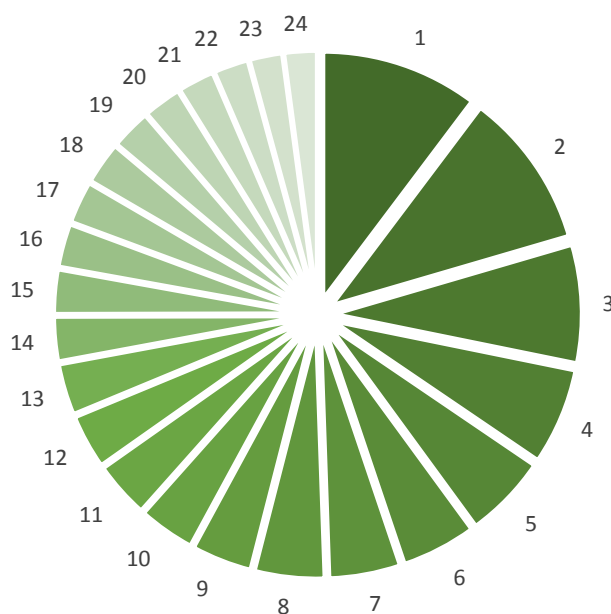
A tabela 4 apresenta altura dominante média de 21,4 metros, com um índice de espaçamento relativo de 17,7% e o povoamento ainda pode incrementar sem que ocorra perda do máximo aproveitamento de sítio.



## 4.2 DENSIDADE PONTUAL

A densidade pontual foi calculada por meio do método proposto por Spurr (1962), desconsiderando a árvore central das estimativas das variáveis dos povoamentos. Portanto, para os cálculos de densidade, as árvores foram ranqueadas em uma classificação de acordo com a razão entre o diâmetro da árvore competidora e a sua distância em relação à central.

Deste modo, a árvore que obtivesse a maior relação (DAP/distância) apresentava a maior influência a nível de competição naquele ponto amostral, conforme demonstra a figura 5.



**Figura 5:** Ranqueamento de ponto amostral com base na razão entre o diâmetro a altura do peito das árvores competidoras e suas respectivas distâncias em relação à árvore central.

**Fonte:** O Autor (2017)

Os valores de área basal, número de árvores e diâmetro médio quadrático foram obtidos com base nas respectivas equações 3, 4 e 5, sendo apresentado na tabela 5.

**Tabela 5:** Valores de área basal (G) em m<sup>2</sup>/ha, número de indivíduos (N/ha) e diâmetro médio quadrático (dg) em cm para todos os pontos amostrais (P.A.) dos povoamentos de 20 e 25 anos de *Pinus elliottii* no município de Mariópolis – PR.

Pov.	P. A.	G (m <sup>2</sup> /ha)	N/ha	dg (cm)	Pov.	P. A.	G (m <sup>2</sup> /ha)	N/ha	dg (cm)
<b>20 anos</b>	1	47,6	1026	24,3	<b>25 anos</b>	1	40,8	443	34,3
	2	47,1	696	29,4		2	45,4	583	31,5
	3	56,0	711	31,7		3	61,7	948	28,8
	4	50,2	735	29,5		4	51,8	919	26,8
	5	44,8	592	31,0		5	49,8	771	28,7
	6	55,2	675	32,3		6	40,3	701	27,0
	7	50,6	642	31,7		7	36,1	576	28,3
	8	35,4	660	35,4		8	67,3	532	40,1
	9	41,5	797	25,8		9	41,2	583	30,0
	10	41,6	1077	22,2		10	36,5	550	29,1
<b>Média</b>		47,0	761	28*	<b>Média</b>		47,1	660	30,1*
<b>Desvio Padrão</b>		6,4	163	4,1	<b>Desvio Padrão</b>		10,6	169	4,0
<b>CV (%)</b>		13,6	21	13,9	<b>CV (%)</b>		22,5	26	13,3

Legenda: \* Valores calculados a partir do G (m<sup>2</sup>/ha) e N (ha) médios do povoamento.

A partir da tabela 5 é possível destacar que tanto o povoamento com 20 anos como o povoamento com 25 anos apresentam alta densidade, devido aos valores de área basal, número de árvores e diâmetro médio quadrático. Todos os pontos analisados demonstram mortalidade ou indivíduos altamente suprimidos, resultado da severa competição e indicando estarem superestocados.

Os povoamentos demonstraram possuir um alto valor de área basal, com 47 m<sup>2</sup>/ha, outros países consideram um crescimento próximo ao máximo para *Pinus elliottii* quando o povoamento ultrapassa 20 m<sup>2</sup>/ha entre os 20 e 30 anos (Agriculture Handbook 654, 1991). Alguns pontos específicos possuem valores muito elevados, destacando-se os pontos amostrais 3 e 6 do povoamento com 20 anos, com valores respectivos de 56,2 m<sup>2</sup>/ha e 55,2 m<sup>2</sup>/ha e os pontos 3 e 8 do povoamento com 25 anos, que apresentam valores de 61,7 m<sup>2</sup>/ha e 67,3 m<sup>2</sup>/ha, assemelhando-se com os 67,54 m<sup>2</sup>/ha encontrados por Glufke et. al (1997) em um experimento de *Pinus elliottii* com 25 anos em densidade completa, no município de Ponte Alta do Norte, Santa Catarina. Apesar desses pontos não representarem a média da população, demonstram o superestoque de madeira em algumas ilhas de alta competição dispersas nos povoamentos.

A baixa variação do G (47 m<sup>2</sup>/ha) em função do aumento da idade, expressa que o povoamento atingiu sua capacidade máxima. Assim, mesmo com a mortalidade de indivíduos, essa variação não apresenta impacto significativo sobre o estoque do

povoamento, pois os indivíduos remanescentes conseguem incrementar em um ritmo aproximado com a perda por autodesbaste.

O número de árvores por hectare de aproximadamente 760 árvores no povoamento com 20 anos e de 660 no povoamento com 25 anos, demonstra uma tendência de mortalidade de indivíduos no decorrer desse período de 5 anos de aproximadamente 100 árvores (13% da população). Entretanto, deve-se ressaltar que os povoamentos apesar de se encontrarem próximos, ou seja, situados no mesmo tipo de solo, clima, altitude, não possuem o mesmo material genético, podendo sofrer diferentes influências na mortalidade dos indivíduos, como ação de pragas e doenças.

Esses valores são comparáveis aos encontrados por Dobner et al. (2014), que ao realizarem um experimento de desbastes com *Pinus taeda* com densidade inicial de 2500 árvores por hectare, obtiveram após 30 anos um número final de apenas 695 indivíduos, ou seja, essa mortalidade de mais de 70% foi resultado do autodesbaste.

**Tabela 6:** Valores de área basal (G) em m<sup>2</sup>/ha, número de indivíduos (N/ha) e diâmetro médio quadrático (dg) em cm para todos os pontos amostrais (P.A.) dos povoamentos de 15 e 18 anos de *Pinus elliottii* no município de Mariópolis – PR.

Pov.	P. A.	G (m <sup>2</sup> /ha)	N/ha	dg (cm)	Pov.	P. A.	G (m <sup>2</sup> /ha)	N/ha	dg (cm)
15 anos	1	32,8	872	21,9	18 anos	1	22,0	411	26,1
	2	41,3	623	29,0		2	31,9	532	27,6
	3	26,3	613	23,3		3	30,9	545	26,9
	4	29,0	789	21,6		4	31,0	616	25,3
	5	34,2	627	26,3		5	30,3	516	27,3
	6	35,5	698	25,4		6	27,9	355	31,7
	7	23,9	710	20,7		7	32,2	669	24,8
	8	29,6	753	22,4		8	36,8	756	24,9
	9	31,2	644	24,8		9	41,3	786	25,9
	10	31,7	758	23,1		10	44,1	740	27,5
<b>Média</b>		31,5	709	23,8*	<b>Média</b>		32,8	593	26,6*
<b>Desvio Padrão</b>		4,9	85	2,5	<b>Desvio Padrão</b>		6,4	147	2,0
<b>CV (%)</b>		15,5	12	10,7	<b>CV (%)</b>		19,5	25	7,5

Legenda: \* Valores calculados a partir do G (m<sup>2</sup>/ha) e N (ha) médios do povoamento.

A tabela 6 apresenta valores de dg de 23,8 cm para o povoamento com 15 anos e 26,6 cm para o povoamento com 18 anos. Isso evidencia que ambos os povoamentos não estão em capacidade de estoque máximo, ou seja, não apresentam competição ao nível de mortalidade.

Os valores de área basal de 31,5 m<sup>2</sup>/ha para o povoamento de 15 anos e de 32,8 m<sup>2</sup>/ha para o povoamento de 18 anos, são semelhantes aos encontrados por Caldeira et al. (1996) em povoamentos subestocados de *Pinus elliottii* no município

de Encruzilhada do Sul – RS, avaliando dois sítios distintos foram obtidos valores de 32,4 m<sup>2</sup>/ha e 37,9 m<sup>2</sup>/ha.

Apesar disso, algumas unidades amostrais, apresentaram alta competição à nível pontual, como o ponto 2 no povoamento de 15 anos, com área basal de 41,3 m<sup>2</sup>/ha e os pontos 9 e 10 no povoamento de 18 anos, com G de 41,3 m<sup>2</sup>/ha e 44,1 m<sup>2</sup>/ha.

Ao analisar o número de indivíduos (N/ha) e as áreas basais (G/m<sup>2</sup>) dos quatro povoamentos destaca-se que os plantios com idade de 15 e 18 anos, estão subestocados, pois poderiam incrementar até que sua área basal se aproxime dos valores encontrados nos plantios mais velhos (tabela 5).

### 4.3 DENDROGRAMA DE MANEJO DA DENSIDADE

Após a análise da densidade dos povoamentos foi possível plotar suas variáveis dendrométricas (tabela 7) em um Dendrograma de Manejo da Densidade (figura 6), visando a obtenção da distribuição espacial do povoamento no gráfico, e conseqüentemente a faixa e o nível de competição em que ele se encontra atualmente.

**Tabela 7:** Variáveis dendrométricas dos povoamentos de *Pinus elliottii* em Mariópolis - PR com 25, 20, 18 e 15 anos

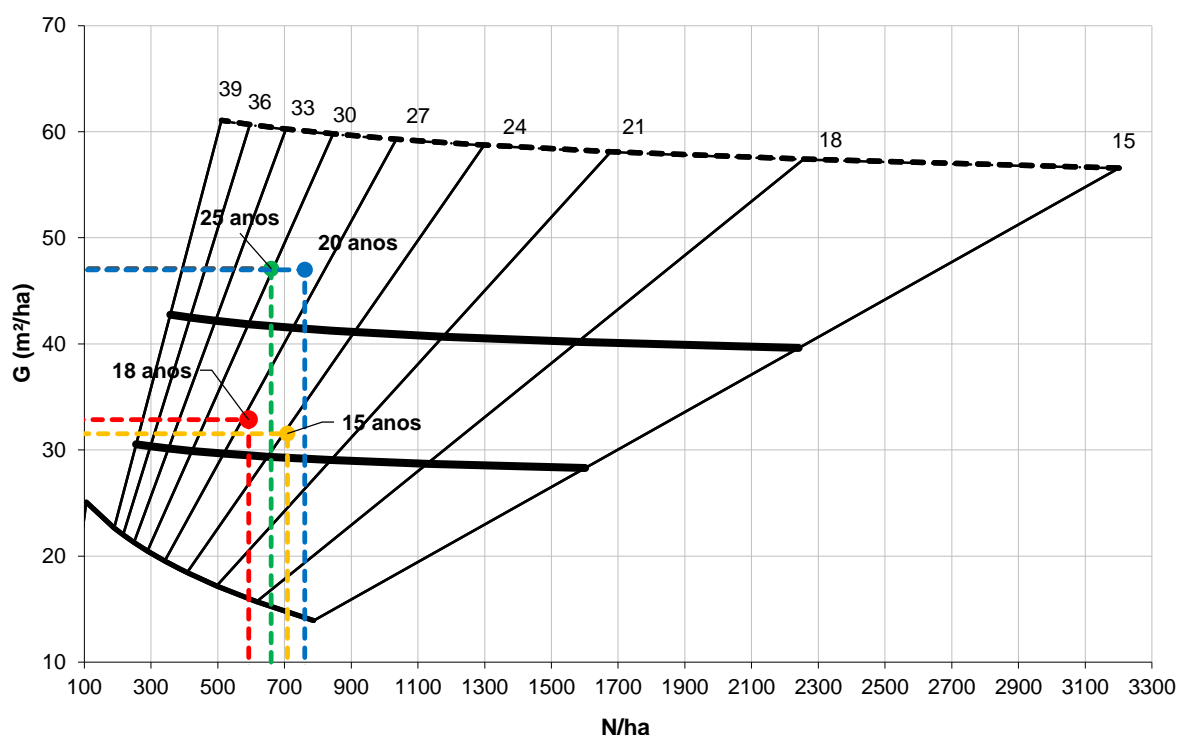
<b>Idade</b>	<b>G (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>N/ha</b>	<b>dg (cm)</b>
25	47,1	660	30,1
20	47,0	761	28,0
18	32,8	593	26,6
15	31,5	709	23,8

A partir dos pontos inseridos no gráfico (figura 6) é possível observar que o comportamento do Dendrograma de Manejo da Densidade (DMD) construído por Thomas (2009), se aplica à área analisada neste trabalho, pois como a distribuição dos pontos leva em consideração o número de árvores por hectare (N/ha) e a área basal (G/m<sup>2</sup>), os valores de diâmetro médio quadráticos são obtidos com base no DMD, o que evidencia uma disposição praticamente perfeita dos dados em relação ao

seu tamanho, destacando sua independência da idade e da qualidade de sítio, conforme proposto por Reineke (1933).

Os povoamentos com 20 e 25 anos se localizam acima da linha superior da faixa de manejo, ou seja, apresentam superestoque e elevada competição, necessitando intervenção silvicultural e possibilitando a condução dos povoamentos a níveis de competição adequados que não afetem as taxas de incremento, corroborando os resultados obtidos anteriormente com a densidade pontual.

Já os dois povoamentos mais jovens, de 15 e 18 anos se localizaram dentro da faixa ideal de manejo para a espécie, destacando que ambos se encontram em um grau de competição aéreo e radicular, porém sem apresentar mortalidade de indivíduos. Deste modo, os povoamentos podem incrementar até atingir a linha superior da faixa de manejo, onde deverão ser realizados desbastes, permitindo assim intervenções no povoamento de forma eficiente sem que ocorra perda de incremento.



**Figura 6:** Dendrograma de Manejo da Densidade destacando a distribuição espacial dos parâmetros dendrométricos dos povoamentos de *Pinus elliottii* com 25, 20, 18 e 15 anos no município de Mariópolis - PR.

**Fonte:** Adaptado de Thomas (2009).

Como o objetivo do povoamento é produzir indivíduos de grandes dimensões, foram desenvolvidos planos de desbastes que permitam que as árvores atinjam o

tamanho ideal para esse setor da indústria madeireira. Portanto, para os quatro povoamentos em questão serão realizados desbastes seletivos por baixo, resultando na retirada dos indivíduos suprimidos no povoamento, permitindo assim a abertura de espaço que visa a redução da competição e a retomada do incremento dos indivíduos remanescentes.

A seleção de árvores para desbaste será feita com um peso maior nos pontos em densidade mais elevada. Isso se torna possível no momento da marcação dos indivíduos a serem desbastados, por meio da delimitação de parcelas de tamanho visível, permitindo o controle e a distribuição adequada do peso de desbaste com relação a densidade do local (OLIVEIRA, 2014).

A definição do peso de desbaste foi determinada por meio do índice de espaçamento relativo (S%) para os povoamentos de 20 e 25 anos e para os povoamentos de 15 e 18 anos a projeção dos desbastes foi feita visando deixar um número de árvores remanescentes entre 300 e 400 indivíduos, quantidade essa recomendada por Valeri (2009), para obter toras de bom diâmetro e madeira de qualidade.

#### 4.3.1 Plano de desbaste para o povoamento com 25 anos

O povoamento de 25 anos se encontra em elevada competição, apresentando sinais de estabilização e necessitando de intervenção silvicultural. Baseado nisso, foi desenvolvido um plano de desbaste (tabela 8), que visa a retirada da quantidade de árvores necessárias para levar o índice de espaçamento relativo do povoamento de 15,2% para os 21%, considerado ideal para a espécie (FISHWICK, 1975).

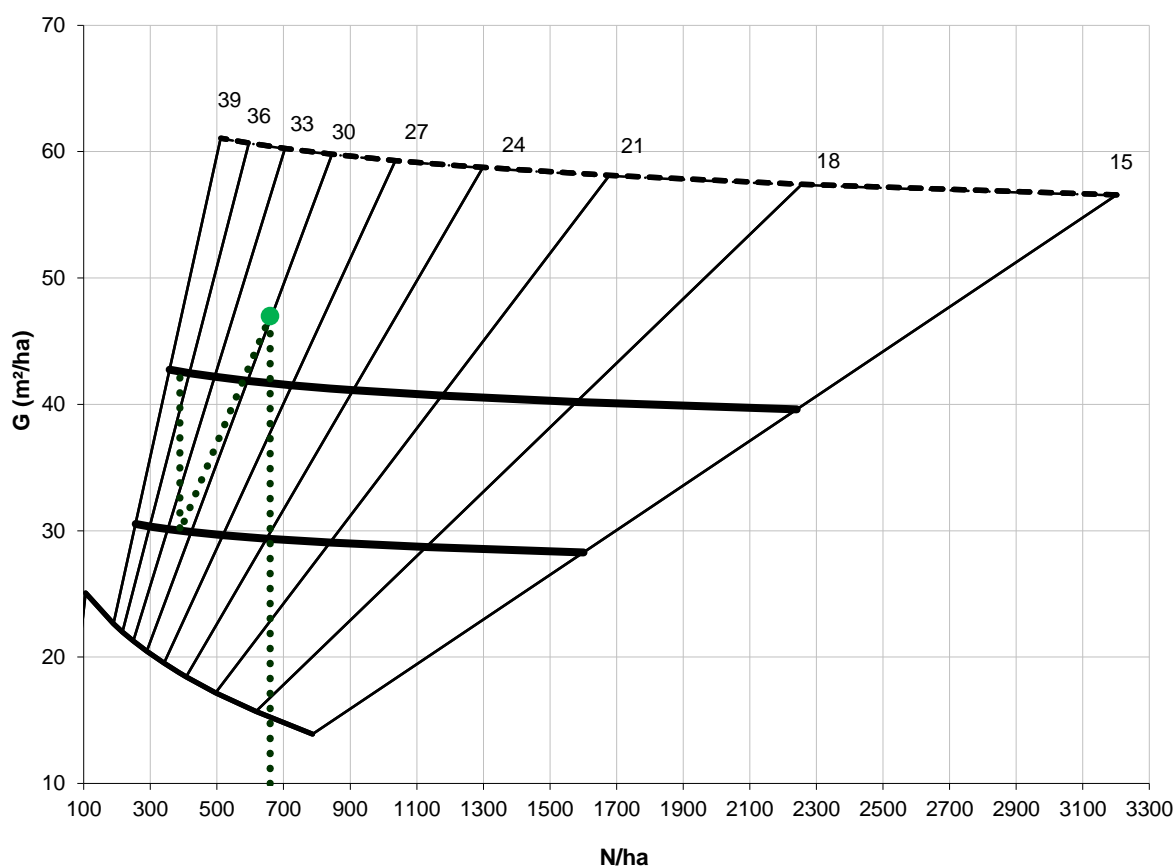
**Tabela 8:** Variáveis dendrométricas do povoamento de *Pinus elliottii* com 25 anos de idade no município de Mariópolis - PR

<b>Plano de desbaste</b>			
<b>dg (cm)</b>	<b>G (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>N (ha)</b>	<b>%N</b>
30,1	47,1	660	
31,3	29,9	389	41,0
37,4	42,7	389	

A representação gráfica da tabela 8 pode ser visualizada na figura 7.

Com um peso de desbaste de 41% das árvores, o N diminuirá dos atuais 660 indivíduos por hectare para os eventuais 389 remanescentes, para o corte final. Nessa redução de aproximadamente 270 árvores, serão selecionados os indivíduos suprimidos, ou seja, com menores dimensões, isso tem um efeito direito sobre o dg, pois leva o povoamento dos atuais 30,1 cm para os eventuais 31,3 cm.

Já a área basal cairá dos atuais 47 m<sup>2</sup>/ha para algo próximo de 30 m<sup>2</sup>/ha, junto a linha inferior da faixa de manejo, valores próximos aos encontrados por Thomas (2009), que com um dg de 33 cm obteve um G de aproximadamente 30 m<sup>2</sup>/ha. O mesmo autor recomenda manter a densidade entre a linha inferior e superior da faixa de manejo, o que resultará em indivíduos de média a grandes dimensões, com fustes bem formados e boa produção final.



**Figura 7:** Dendrograma de Manejo da Densidade destacando a posição atual do povoamento de *Pinus Elliottii* com 25 anos de idade e o plano de desbaste sugerido.  
**Fonte:** Adaptado de Thomas (2009).

A partir desse ponto, junto a linha inferior da faixa de manejo, o povoamento volta a incrementar até atingir a linha superior, onde será realizado o corte final, que nesse caso se dará com 389 indivíduos por hectare, com área basal de 42,7 m<sup>2</sup>/ha e com um diâmetro médio quadrático de 37,4 cm.

#### 4.3.2 Plano de desbaste para o povoamento com 20 anos

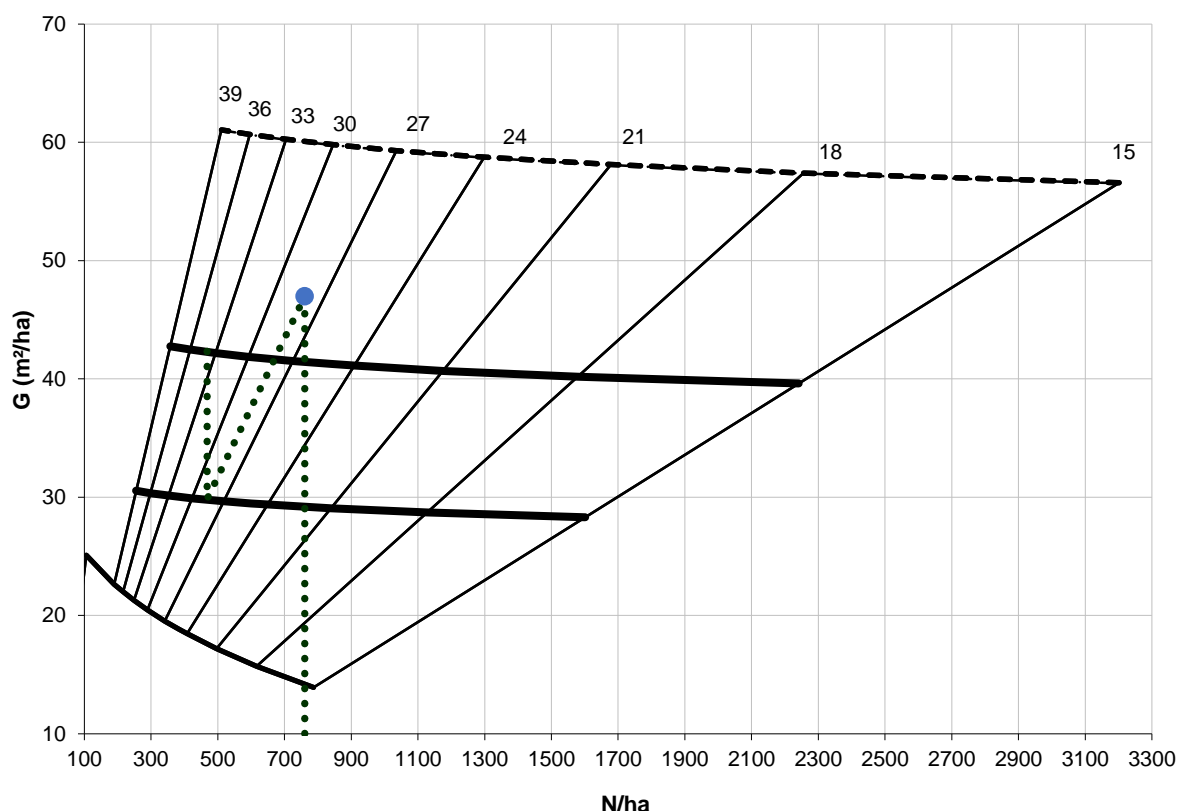
O povoamento de 20 anos necessita de uma redução de aproximadamente 38,5% dos indivíduos, conforme demonstra a tabela 9. Assim como no povoamento de 25 anos, essa remoção de árvores foi baseada no índice de espaçamento relativo que se encontra atualmente em 15,3%.

**Tabela 9:** Variáveis dendrométricas do povoamento de *Pinus elliottii* com 20 anos de idade no município de Mariópolis - PR

<b>Plano de desbaste</b>			
<b>dg (cm)</b>	<b>G (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>N (ha)</b>	<b>%N</b>
28	47,0	761	
28,5	29,9	468	38,5
34	42,5	468	

A disposição das variáveis dendrométricas da tabela 9 pode ser visualizada graficamente por meio figura 8.





**Figura 8:** Dendrograma de Manejo da Densidade destacando a posição atual do povoamento de *Pinus elliottii* com 20 anos de idade e o plano de desbaste sugerido.

**Fonte:** Adaptado de Thomas (2009).

As duas linhas horizontais contínuas do DMD (figura 8) representam as respectivas linhas inferior e superior da faixa de manejo, acima dessa linha superior inicia-se a mortalidade de árvores causada pelo aumento da competição. Deste modo, a taxa de produção máxima ocorre imediatamente abaixo da linha superior (SCHNEIDER, 2008).

Para conduzir o povoamento a um nível de competição desejável é necessário retirar 38,5% das árvores por hectare, resultando em uma redução de 761 indivíduos para 468. Já o valor de área basal cairá inicialmente junto à linha inferior da faixa de manejo, chegando a 30 m²/ha, com um pequeno aumento do dg, de 28 cm para 28,5 cm.

Após isso, o povoamento voltará a incrementar até o corte final, que ocorrerá quando esses 468 indivíduos atingirem um dg de 34 cm e um G de 42,5 m²/ha. Lembrando que conforme citado por Daniels et al. (1986), desbastes pesados podem favorecer o crescimento inicialmente, porém essa retomada do incremento pode não

ser imediata, pois é necessário que as árvores recuperem parte de sua área folhar e radicular e a partir disso comecem a produzir um incremento significativo.

#### 4.3.3 Plano de desbaste para o povoamento com 18 anos

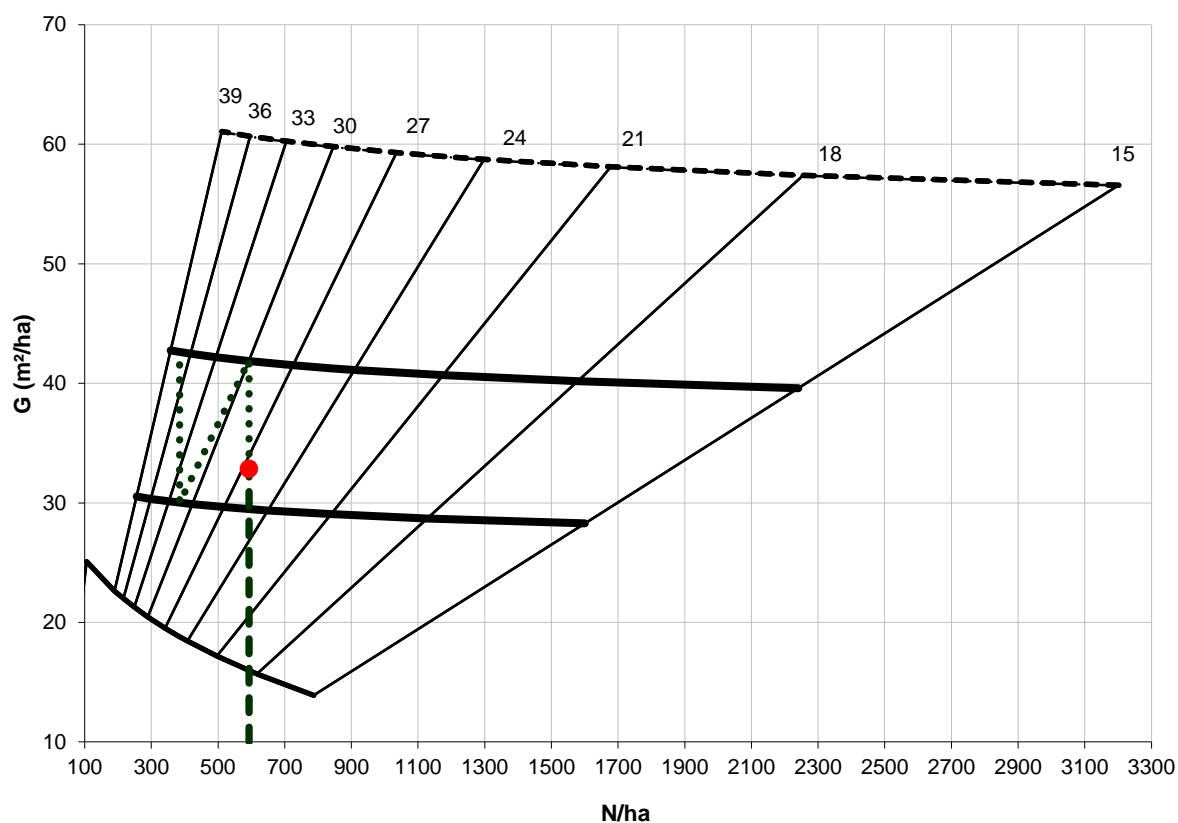
Como já observado anteriormente o povoamento com 18 anos não está em competição à nível de mortalidade de indivíduos, podendo incrementar até atingir a linha superior da faixa de manejo, baseado nisso, foi construída uma projeção de desbaste, conforme tabela 10.

**Tabela 10:** Variáveis dendrométricas do povoamento de *Pinus elliottii* com 18 anos de idade no município de Mariópolis - PR

<b>Projeção de desbaste</b>			
<b>dg (cm)</b>	<b>G (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>N (ha)</b>	<b>%N</b>
26,6	32,8	593	
30,0	41,9	593	
31,5	30,0	385	35,0
37,5	42,5	385	

A necessidade de intervenção ocorre com base no objetivo de produção, sendo que todo o planejamento silvicultural deve ser previamente definido, e se necessário alterado, a partir do monitoramento das variáveis dendrométricas do povoamento. A densidade é um fator determinante nessa tomada de decisão, por meio disso, Schexnayder (2005) executou desbastes em povoamentos de *Pinus elliottii* com 17 anos de idade, reduzindo o número de árvores a 35% da área basal máxima, o autor observou que a densidade antes do desbaste influenciava significativamente o crescimento das árvores em diâmetro e após 5 anos do desbaste, apresentava pouco ou nenhuma interferência.

As variáveis dendrométricas presentes na tabela 10, podem ser visualizados no DMD, conforme figura 9.



**Figura 9:** Dendrograma de Manejo da Densidade destacando a posição atual do povoamento de *Pinus elliottii* com 18 anos de idade e a projeção do plano de desbaste sugerido.  
**Fonte:** Adaptado de Thomas (2009).

A partir da Figura 9, nota-se o povoamento atualmente (ponto vermelho) com dg de 26,6 cm, G de 32,8 m<sup>2</sup>/ha e N de 593 árv./ha, como ainda há potencial de incremento, não será feita nenhuma intervenção imediata. Deste modo, o povoamento incrementará até atingir a linha superior da faixa de manejo, conforme demonstra a linha pontilhada.

Quando o G atingir aproximadamente 42 m<sup>2</sup>/ha o povoamento terá um dg de 30 cm, nesse momento serão retiradas 35% das árvores, o que resultará na redução dos atuais 593 indivíduos para eventuais 385 árvores por hectare. A área basal do povoamento acompanhará essa tendência atingindo 30 m<sup>2</sup>/ha, sendo que o dg subirá de 30 cm para 31,5 cm.

A resposta do povoamento a essa redução de competição o levará a incrementar até que essas 385 árvores atinjam uma área basal de 42,5 m<sup>2</sup>/ha, com um dg de 37,5 cm, onde será realizado o corte final do povoamento.

#### 4.3.4 Plano de desbaste para o povoamento com 15 anos

O povoamento com 15 anos ainda não atingiu a máxima produção que o sítio oferece sem que ocorra mortalidade de indivíduos, portanto assim como no povoamento com 18 anos, será feita uma projeção de incremento para basear o futuro plano de desbaste a ser executado, conforme demonstra a tabela 11.

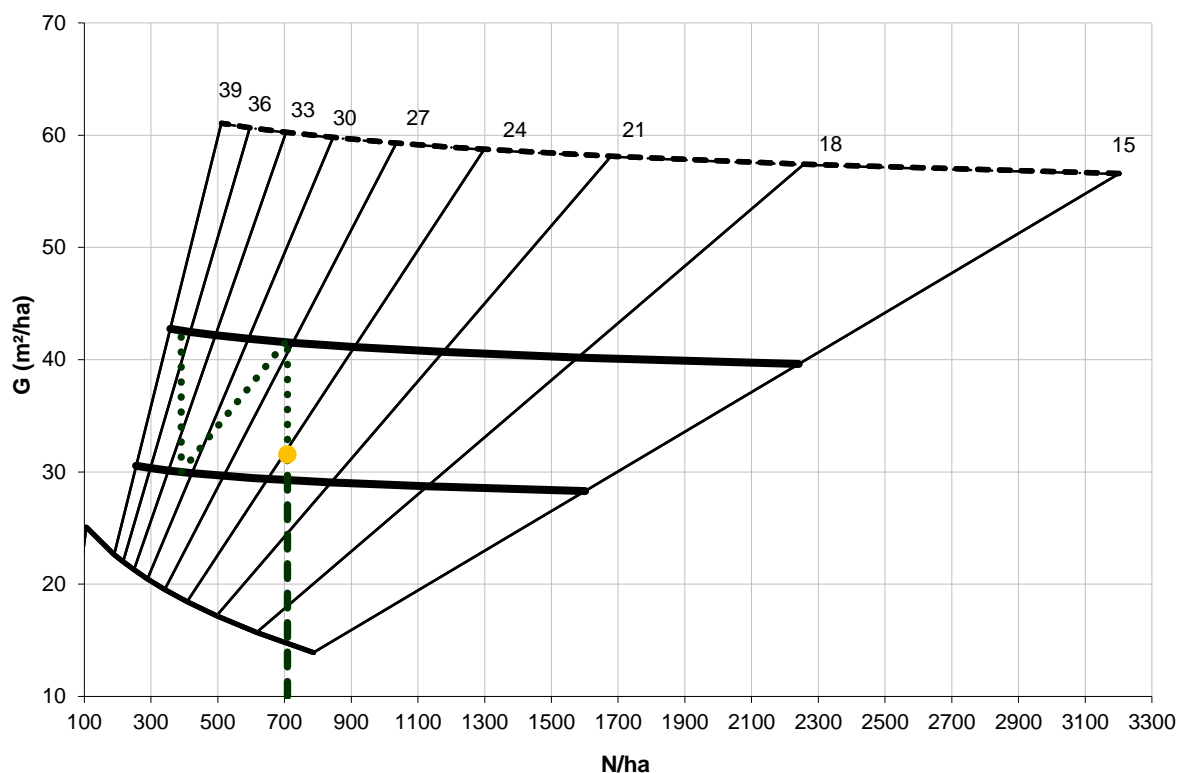
**Tabela 11:** Variáveis dendrométricas do povoamento de *Pinus elliottii* com 15 anos de idade no município de Mariópolis - PR

<b>Projeção de desbaste</b>			
<b>dg (cm)</b>	<b>G (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>N (ha)</b>	<b>%N</b>
23,9	31,5	709	
27,4	41,8	709	
31,3	30,0	390	45,0
37,6	43,3	390	

A representação gráfica da tabela 11 pode ser visualizada na figura 10.

O ponto amarelo representa a localização atual do povoamento em relação ao gráfico (figura 10), a linha tracejada representa o desenvolvimento do povoamento até o estágio atual, e a linha pontilhada demonstra o futuro incremento e o sucessivo plano de desbaste a ser executado.

Portanto, o povoamento irá incrementar até atingir um dg de 27,4 cm com 41,8 m<sup>2</sup>/ha de área basal, nesse ponto será realizado um desbaste pesado, retirando 45% dos indivíduos do povoamento, levando o N a 390 árvores por hectare. Essas árvores incrementarão até o corte final, que acontecerá quando o povoamento atingir um dg de 37,6 cm com área basal de 43,3 m<sup>2</sup>/ha.



**Figura 10:** Dendrograma de Manejo da Densidade destacando a posição atual do povoamento de *Pinus elliottii* com 15 anos de idade e a projeção do plano de desbaste sugerido.  
**Fonte:** Adaptado de Thomas (2009).

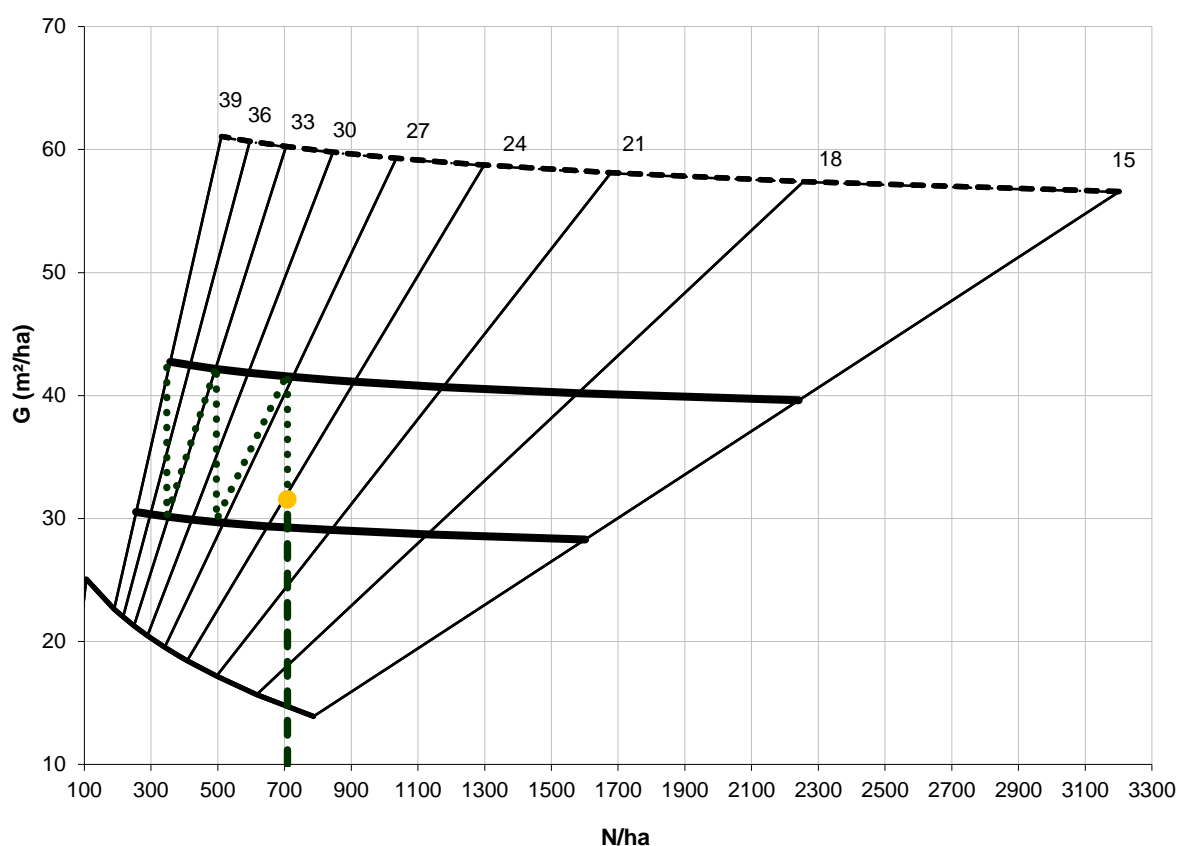
Jokela et al. (2004), analisou o comportamento de povoamentos de *Pinus taeda* com 15 anos de idade em diferentes localidades do sudeste dos Estados Unidos, e observou que os maiores incrementos em área basal ocorreram entre 20 e 35 m<sup>2</sup>/ha, sendo que acima desse valor os povoamentos apresentaram início de mortalidade causada pela competição.

A que se considerar que um peso de desbaste de 45% causaria uma mudança radical no povoamento, permitindo a chegada intensa de luz solar até o solo, podendo causar desenvolvimento de brotações em baixas alturas, o que não é interessante ao produzir madeira para serraria. Portanto, outra forma de conduzir a floresta seria por meio da realização de dois desbastes mais leves, conforme demonstra a tabela 12.

**Tabela 12:** Variáveis dendrométricas do povoamento de *Pinus elliottii* com 15 anos de idade no município de Mariópolis - PR

Projeção de desbaste			
dg (cm)	G (m <sup>2</sup> /ha)	N (ha)	%N
23,9	31,5	709	
27,4	41,8	709	
27,7	30,0	496	30,0
33,0	42,4	496	
33,3	30,2	347	30,0
39,7	43,0	347	

A escolha por dois desbastes no povoamento também permitiria que as árvores que teoricamente seriam retiradas em um peso de desbaste maior (figura 10), incrementassem por mais tempo no povoamento, aumentando a produção final do sítio. A representação gráfica da tabela 12 é demonstrada pela figura 11.



**Figura 11:** Dendrograma de Manejo da Densidade destacando a posição atual do povoamento de *Pinus elliottii* com 15 anos de idade e a projeção do plano de desbaste sugerido.

**Fonte:** Adaptado de Thomas (2009).

Assim como no gráfico anterior a localização atual do povoamento é representada pelo marcador de cor amarela (Figura 11), a linha tracejada demonstra

o desenvolvimento do povoamento até o estágio atual, e a linha pontilhada é relativa aos futuros incrementos e sucessivos desbastes a serem executados.

Deste modo, a floresta incrementará com os atuais 709 indivíduos até atingir a linha superior da faixa de manejo, quando o povoamento terá um dg de 27,4 cm e um G de 41,8 m<sup>2</sup>/ha, onde será aplicado o primeiro desbaste, com um peso de 30%.

Esse primeiro desbaste, conduzirá o povoamento para 496 árvores com um pequeno acréscimo do dg de 27,4 cm para 27,7 cm, aproximando o G da linha inferior da faixa de manejo com eventuais 30 m<sup>2</sup>/ha.

A partir disso, a redução da competição causará um novo incremento no povoamento até atingir um dg de 33 cm e um G de 42,4 m<sup>2</sup>/ha, junto a linha superior da faixa de manejo. Nesse momento deverá ser realizado o segundo desbaste com peso de 30%, causando a redução do N para 347 árvores. Após o desbaste a floresta sofrerá uma redução de seu G para 30,2 m<sup>2</sup>/ha com um aumento do dg para 33,3 cm.

Finalmente, essas 347 árvores incrementarão até atingir um diâmetro médio quadrático de 39,7 cm e uma área basal de 43 m<sup>2</sup>/ha, quando será realizado o corte final da floresta.

A escolha por um peso de desbaste mais leve ou mais pesado deve ser embasada em parâmetros técnicos relativos a floresta e com base no comportamento do mercado, que influencia diretamente no rendimento financeiro do empreendimento florestal.

## 5. CONCLUSÃO

A partir da análise de densidade pontual proposta por Spurr, da plotagem das variáveis dendrométricas no DMD e da avaliação do índice de espaçamento relativo é possível concluir que os povoamentos com 20 e 25 anos estão supestocados, necessitando de intervenção silvicultural imediata, visando recuperar uma taxa de incremento desejável.

Baseado nos mesmos métodos, os povoamentos com 15 e 18 anos não atingiram o máximo aproveitamento de sítio, portanto não é recomendada a realização de desbastes até que os povoamentos alcancem a linha superior da faixa de manejo.

A área basal máxima que o povoamento pode atingir no sítio analisado foi de 47 m<sup>2</sup>/ha, apesar de eventuais mortalidades e incrementos o estoque tende a se estabilizar próximo desse valor.

Os povoamentos com 25 anos e 20 anos necessitam desbastes imediatos com pesos de 41% e 38,5%, respectivamente.

O Dendrograma de Manejo da Densidade construído por Thomas (2009) para a região central do Rio Grande do Sul, mostrou ser independente da idade e da qualidade de sítio.



## REFERÊNCIAS

- ABRAF.** Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF. – Brasília: 2013.
- AGRICULTURE HANDBOOK 654. **Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods.** Forest Service, Washington - DC, vol. 1, 1383 p. 1991. Disponível em: <[https://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics\\_manual/table\\_of\\_contents.shtml](https://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/table_of_contents.shtml)>. Acesso em 10 de maio de 2017.
- ASSMANN, E. **Principles of forest yield study.** New York: Pergamon Press, 506p., 1970.
- BALLONI, Carlos José Vespúcio. **Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliottii*.** 2009. 41 f. Trabalho de Graduação do Curso Engenharia Industrial Madeireira - UNESP, Itapeva - RS, 2009.
- BATISTA, João L. F.; COUTO, H. T.; SILVA FILHO, D. F.; **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas.** Piracicaba - SP: Oficina de Textos, 2014.
- BRACELPA. Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Relatório Florestal**, 2009.
- CALDEIRA, M. V. W.; TONINI, H.; HOPPE, J. M.; WATZLAWICK, L. F.; SELLE, G. L. **Definição de sítios em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Encruzilhada do Sul, RS.** Santa Maria - RS, Ciência Florestal, v.6, n.1, p. 1-13. 1996.
- CANTON, M., **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos de Mariópolis – PMGIRS.** THRIO AMBIENTAL – ME, 2014.
- CHAUCHARD, L. M.; FÉRNANDEZ, M, O. **Diagrama de Manejo de la Densidad de masas de Pino Radiata en el País Vasco.** Vitoria - Espanha: Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2004.
- COSTA, E. A.; FINGER, C. A. G.; FREIG, F. D.; HESS, A. F.; MARANGON; G. P. **Dendrograma de manejo da densidade para uma floresta inequiânea de araucária.** Curitiba - PR: Floresta, v. 46, n. 2, p. 173 - 184. 2016.
- CURTIS, R. O. **Yield tables past and present.** Journal Forestry, 1972.

DANIELS, R. F.; BURKHART, H. E.; CLASON, T. R. **A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees**. Canadian Journal for Forest Research, Montreal, 1986.

DOBNER JR. M.; HIGA, A. R.; TOMAZELLO FILHO, M. **Manejo de povoamentos de *Pinus taeda* L. e de *eucalyptus dunnii* maiden para usos múltiplos da madeira**. Congresso Florestal - Malinovski. Disponível em <<http://malinovski.com.br/CongressoFlorestal/Palestras/Palestra-15.pdf>> Acesso em 13 de Maio de 2017.

FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; **Determinação do peso do desbaste para florestas de *Eucalyptus grandis* HILL ex MAIDEN, com base no índice de espaçamento relativo**. Santa Maria - RS: Ciência Florestal, v.9, n.1, p. 79-87. 1999.

FISHWICK, R. W. **Uso do percentual de espaçamento relativo de Hart-Becking para o controle dos desbaste**. Brasília - DF: Prodepef-IBDF, 7p. 1975.

GEORGIN, Jordana. **Plantio de *Pinus elliottii* em pequenas propriedades rurais no norte do Rio Grande do Sul**. Santa Maria - RS: Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas, 2014.

GEZAN, S. A.; ORTEGA, A.; ANDENMATTEN, E. **Diagramas de manejo de densidad para renovales de roble, raulí y coigüe em Chile**. Valdivia: Bosque, 2007.

GINGRICH, S. R. **Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forests in the central states**. Forest Science, Bethesda, 1967.

GLUFKE, C.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. **Crescimento de *Pinus elliottii* Engelm sob diferentes intensidades de desbaste**. Santa Maria – RS: Ciência Florestas. v.7, n.1, p.11-25, 1997.

JOKELA, E. J.; DOUGHERTY, P. M.; MARTIN, T. A. Production dynamics of intensively managed loblolly pine stands in the southern United States: a synthesis of seven long-term experiments. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 102, p. 117-130, 2004. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/> >. Acesso em 10 de Março de 2017.

LACERDA, Jeanicolau S. de.; COUTO, Hilton T. Z. do. **Uso da lei do autodesbaste na definição do espaçamento para plantios de *Eucalyptus***. Circular Técnica nº 182, Instituto de Pesquisas Florestais, Piracicaba - SP, 1993.

LONG, J. N.; SMITH, F. W. **Relation between size and density in developing stands: a description and possible mechanisms**. Forest Ecology and Management, 1985.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2. Ed., Livraria José Olímpio, Editora, Curitiba, 1981.

MEYER, Evandro Alcir. **Densidade de árvores por diâmetro na Florestal Estacional Decidual no Rio do Grande Sul**. 2011. 71 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

NEWTON, P. F.; **Stand density management diagrams: Review of their development and utility in stand-level management planning**. Ontario: Canadian Forest Service, 1997.

OLIVEIRA, Edílson B. de; CARDOSO, D. J.; FRANCISCON, L. **Silvicultura de precisão em unidades de manejo de plantações florestais**. Colombo - PR: Embrapa Florestas, 2014.

PILAU, Felipe G.; ANGELOCCI, L. R.; SCARPARI, J. A. **Radiation balance of an orange tree in orchard and its relation with global solar radiation and grass net radiation**. Santa Maria - RS: Revista Brasileira de Agrometeorologia, 2007.

REINEKE, L. H. **Perfecting a stand-density index for even-aged forests**. Washington - DC :Journal of Agricultural Research, 1933.

RIVAS, Sacramento C.; GONZÁLEZ, J. G. A.; RIVAS, J. J. C.; WEHENKEL, C.; SÁNCHEZ, C. A. L. **Diagramas para el manejo de la densidad en bosques mixtos e irregulares de Durango, México**. Durango: Bosque, 2015.

SAUNDERS, M. R.; PUETTMANN, K. **A preliminary white spruce density management diagram for the Lake States**. University of Minnesota, Minnesota, 2000.

SCHEXNAYDER, J.C. **Growth of a slash pine spacing study five years after thinning**. 40 f. 2005. Dissertação de Mestrado - Master of Science in forestry. Louisiana State University, 2005. Disponível em <<http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-07142005-232038/>> Acesso em 11 de Maio de 2017.

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

SCHNEIDER, Paulo Sérgio Pigatto. **Autodesbaste e diagrama de manejo da densidade em povoamentos de *Pinus taeda* L.** 2008. 94p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SCOLFORO, J. R. S.; ACERBI JR, F. W.; OLIVEIRA, A. D.; MAESTRI, R. **Simulação e avaliação econômica de regimes de desbastes e desrama para obter madeira de *Pinus taeda* livre de nós**. Santa Maria - RS: Ciência Florestal, v.11, n.1, p.121-139. 2001.

SELLE, Gerson L. **Guias de densidade e índices de sítios para *Hovenia dulcis* Thunberg na região central do Estado do Rio Grande do Sul**. 2009, 62 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SELLE, Gerson L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; **Classificação de sítio para *Pinus taeda* através da altura dominante, para a região de Cambará do Sul, RS, Brasil**. Santa Maria - RS: Ciência Florestal, 1994.

SIXEL, Ricardo M. de M. **Manejo Florestal**. Piracicaba, 2008, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/manejo.asp>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

SPURR, S. H. **A measure of point density**. Bethesda: Forest Science, 1933.

STEFFANI, Marco A. **Implicações sócio-econômicas do cumprimento do Código Florestal: estudo de casos em unidades de produção familiares em Mariópolis – PR**. 2009, 62 f. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

TÉO, Saulo J.; MACHADO, S. do A.; SILVA, L. C. R. da; FIGURA, M. A. **Índice de densidade do povoamento para Bracatingais nativos da Região metropolitana de Curitiba, PR**. Lavras - MG: Cerne, 2008.

THOMAS, Cláudio. **Dendrograma de manejo da densidade para povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm na região central do Rio Grande do Sul**. 2009, 62 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

VALERI, S. V. **Desbastes**. UNESP, Campus de Jaboticabal. Disponível em <[http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/producaovegetal/SERGIOVALIENGOVALERI/silvic\\_modulo16\\_alto-fuste17\\_11\\_09.pdf](http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/producaovegetal/SERGIOVALIENGOVALERI/silvic_modulo16_alto-fuste17_11_09.pdf)> Acesso em 15 de Maio de 2017.

WOLFF II, Neumar I. **Modelagem do crescimento e da produção de *Pinus taeda* L.** 2012, 62 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati - PR, 2012.