

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL – PPGEF

THAILA HEBERLE

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTE SELETIVO
ALTO NO DESENVOLVIMENTO DE *Pinus taeda* L.**

LAGES, 2024

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL – PPGEF

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTE SELETIVO
ALTO NO DESENVOLVIMENTO DE *Pinus taeda* L.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Floriani Stepka

Co-orientador: Dr. Mário Dobner Júnior

Lages, 28 de fevereiro de 2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTE SELETIVO ALTO NO DESENVOLVIMENTO DE *Pinus taeda* L.

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thiago Floriani Stepka
UDESC/Lages-SC

Membros:

Prof. Dr. Júlio Eduardo Arce
UFPR/Curitiba-PR

Prof. Dr. Marcos Felipe Nicoletti
UDESC/Lages-SC

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Universitária Udesc,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Heberle, Thaila

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTENSIDADES DE
DESBASTE SELETIVO ALTO NO DESENVOLVIMENTO DE
Pinus taeda L. / Thaila Heberle. -- 2024.

72 p.

Orientador: Thiago Floriani Stepka

Coorientador: Mário Dobner Júnior

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2024.

1. Crescimento florestal. 2. Manejo florestal. 3. Viabilidade
econômica. I. Floriani Stepka, Thiago. II. Dobner Júnior, Mário . III.
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Florestal. IV. Título.

RESUMO

Este trabalho é dividido em dois capítulos e tem como objetivo avaliar o crescimento de *Pinus taeda* L. em Campo Belo do Sul, Santa Catarina, submetido a sete intensidades de desbaste seletivo alto, além de um tratamento controle, sem desbaste. O primeiro capítulo teve como objetivo analisar os efeitos das diferentes intensidades de desbaste no número de árvores por hectare, área basal, diâmetros dominante e médio e incrementos médios anuais volumétricos individuais entre 4 e 10 anos de idade. Dessa forma, foi avaliada a resposta das árvores no começo do ciclo de produção, bem como encontradas as faixas de áreas basais nos máximos incrementos em volume. Considerando desbastes leves com a retirada de 1 árvore competidora para cada potencial as intensidades moderadas com a retirada de 2 árvores competidoras para cada dominante e as intensidades pesadas retirando 4 ou todas as 5 árvores competidoras para cada dominante. Para os 10 anos de idade os valores de número de árvores por hectare foram de 1.800 árv ha⁻¹, 1.200 árv ha⁻¹ e 400 árv ha⁻¹ respectivamente. Para área basal, na mesma idade, os valores foram de 50 m² ha⁻¹ para tratamentos leves, 45 m² ha⁻¹ para tratamentos de intensidade moderada e para intensidade pesada 35 m² ha⁻¹. No caso dos diâmetros, os valores potenciais foram de 25 cm, 30 cm e 35 cm, já o diâmetro médio foi de 18 cm, 22 cm, 32 cm para os tratamentos leves, moderados e pesados, respectivamente aos 10 anos de idade. Os valores de IMA em volume individual foram encontrados 0,02 m³ ano⁻¹ para tratamentos leves, até 0,03 m³ ano⁻¹ em tratamentos moderados e 0,055 m³ ano⁻¹ nos tratamentos pesados. O valor de área basal que representa o maior incremento em volume para desbastes leves é próximo de 45 m² ha⁻¹ na idade entre 4 e 5 anos. No caso dos tratamentos moderados e pesados esses valores foram atingidos entre os 5 e 6 anos, com 41 m² ha⁻¹ e 31 m² ha⁻¹. O segundo capítulo analisou variáveis dendrométricas dessa floresta considerando quatro idades de corte raso, sendo aos 20, 25, 30 e 35 anos. Foi analisado o diâmetro médio quadrático que variou conforme a idade e a intensidade de desbaste, sendo de 26 a 53 cm aos 20 anos, 29 a 59 cm aos 25 anos, 31 a 62 aos 30 anos e 33 a 65 cm aos 35 anos. Os valores de altura média não variaram tanto com o tratamento, mas sim com relação a idade sendo respectivamente 28,7 m, 31,7 m, 33,7 m e 34,3 m nas idades de 20, 25, 30 e 35 anos. Para o volume individual, assim com o diâmetro, aumentou com a idade e intensidade do tratamento. Além disso, foi realizada uma análise econômica, considerando o Valor Esperado da Terra, levando em consideração ciclos de corte com durações diferentes. O tratamento com maior retorno em relação ao VET considera a retirada de duas árvores competidoras aos 4 e 7 anos e 1 a cada 2 potenciais aos 10 e aos 13 anos e aos 29 retirando 1 a cada 5 potenciais.

Palavras-chaves: Crescimento florestal; Manejo florestal; Viabilidade econômica.

ABSTRACT

This work is divided into two chapters and aims to evaluate the growth of *Pinus taeda* L. in Campo Belo do Sul, Santa Catarina, subjected to seven intensities of high selective thinning, in addition to a control treatment without thinning. The first chapter aimed to analyze the effects of different thinning intensities on the number of trees per hectare, basal area, dominant and mean diameters, and average annual volumetric increments between 4 and 10 years of age. Thus, the response of the trees at the beginning of the production cycle was evaluated, and the basal area ranges for maximum volume increments were identified. Considering light thinning with the removal of 1 competing tree for each dominant, moderate intensities involved the removal of 2 competing trees for each dominant, and heavy intensities involved the removal of 4 or all 5 competing trees for each dominant. At 10 years of age, the values for the number of trees per hectare were 1,800 trees ha⁻¹, 1,200 trees ha⁻¹, and 400 trees ha⁻¹, respectively. For basal area at the same age, the values were 50 m² ha⁻¹ for light treatments, 45 m² ha⁻¹ for moderate treatments, and 35 m² ha⁻¹ for heavy treatments. In terms of diameters, the dominant values were 25 cm, 30 cm, and 35 cm, while the mean diameter was 18 cm, 22 cm, and 32 cm for light, moderate, and heavy treatments, respectively, at 10 years of age. The individual volumetric increment values were found to be 0.02 m³ year⁻¹ for light treatments, up to 0.03 m³ year⁻¹ for moderate treatments, and 0.055 m³ year⁻¹ for heavy treatments. The basal area value representing the highest volume increment for light thinning is close to 45 m² ha⁻¹ at the age between 4 and 5 years. For moderate and heavy treatments, these values were reached between 5 and 6 years, with 41 m² ha⁻¹ and 31 m² ha⁻¹. The second chapter analyzed dendrometric variables of this forest considering four clear-cutting ages at 20, 25, 30, and 35 years. The quadratic mean diameter varied with age and thinning intensity, ranging from 26 to 53 cm at 20 years, 29 to 59 cm at 25 years, 31 to 62 cm at 30 years, and 33 to 65 cm at 35 years. Average height values did not vary as much with treatment but rather with age, being 28.7 m, 31.7 m, 33.7 m, and 34.3 m at the ages of 20, 25, 30, and 35 years, respectively. Individual volume, like diameter, increased with age and treatment intensity. Additionally, an economic analysis was conducted, considering the infinite Net Present Value, taking into account cycles with different durations. The treatment with the highest return concerning infinite NPV involves removing two competing trees at 4 and 7 years, one every 2 potentials at 10 and 13 years, and one every 5 potentials at 29 years.

Keywords: Forest growth; Forest management; Economic viability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Desbastes aplicados e número de árvores competidoras potenciais retiradas em cada tratamento.....	27
Tabela 2. Equações desenvolvidas para as variáveis área basal (G) e incremento volumétrico individual corrente anual (IvCA).....	29
Tabela 3. Desbastes aplicados e número de árvores competidoras por árvore potencial removidas em cada tratamento.....	51
Tabela 4. Custos de cada atividade na sua respectiva idade.....	53
Tabela 5. Diâmetro mínimo, comprimentos das toras e valores de cada sortimento.....	54
Tabela 6. Equações utilizadas para a estimativa dos sortimentos conforme a idade do plantio.....	55
Tabela 7. Coeficientes e parâmetros dos ajustes do modelo de Chapman-Richards para a variável diâmetro médio quadrático e altura total.....	56
Tabela 8. Diâmetro quadrático, volume individual, volume por hectare e incremento médio anual para cada tratamento.....	57

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização de Campo Belo do Sul e do experimento.....	25
Figura 2. Mapa de localização das parcelas e tratamentos.....	26
Figura 3. Número de árvores por hectare nos 10 primeiros anos separados em tratamentos leves (esquerda), moderados (centro) e pesados (direita) , e comparação por Scott-Knott.....	30
Figura 4. Área basal por hectare nos 10 primeiros anos separados em tratamentos leves (esquerda), moderados (centro) e pesados (direita).....	31
Figura 5. Gráfico BoxPlot do diâmetro dominante nas idades de desbastes de 4, 7 e 10 anos para cada tratamento, e comparação pelo teste de Scott-Knott.....	32
Figura 6. Diâmetros dominantes de cada tratamento nos primeiros anos após primeiro e segundo desbaste separados em tratamentos leves (esquerda), moderados (centro) e pesados (direita) juntamente o incremento da variável.....	34
Figura 7. Diâmetro médio de cada tratamento nos primeiros anos após primeiro e segundo desbaste separados em tratamentos leves (esquerda), moderados (centro) e pesados (direita), e comparação pelo teste de Scott-Knott e o incremento da variável....	37
Figura 8. Incremento Corrente Anual (ICA) do diâmetro dominante e Incremento Corrente Anual (ICA) de área basal até os 10 primeiros anos do plantio.....	38
Figura 9. Incremento médio anual até os 10 anos do experimento conforme o volume médio individual separados em tratamentos leves (esquerda), moderados (centro) e pesados (direita), e comparação pelo teste de Scott-Knott e o incremento da variável....	40
Figura 10. Incremento Médio Anual dos tratamentos até os 10 anos considerando o volume total da floresta.....	41
Figura 11. Incremento Corrente Anual em volume individual e área basal com relação a idade.....	44
Figura 12. Dendrogramas das multivariadas pela análise de Cluster para as idades 4, 7 e 10 anos antes e depois do desbaste.....	45

Figura 13. Curvas de índice de sítio da empresa onde o ponto vermelho corresponde ao local do experimento.....	53
Figura 14. Proporção dos volumes dos sortimentos nas idades de corte raso de 20, 25, 30 e 35 anos considerando cada tratamento.....	59
Figura 15. VET e volume total acumulado para cada tratamento, conforme a idade de corte estimada.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 HIPÓTESES.....	12
3 OBJETIVOS.....	13
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
4.1 Mensuração e Planejamento Florestal.....	13
4.2 Regimes de manejo de <i>Pinus</i> no Brasil.....	15
4.2.1 Regime Pulpwood.....	15
4.2.2 Regime Utility.....	15
4.2.3 Regime Clearwood.....	16
4.3. Regimes de desbastes aplicados no manejo florestal.....	16
4.3.1 Desbastes sistemáticos.....	16
4.3.2 Desbastes seletivos por baixo.....	17
4.3.3 Desbastes seletivos pelo alto.....	17
4.3.4 Desbaste misto.....	17
4.3.5 Desbaste Pré Comercial.....	18
4.4. Viabilidade econômica de plantios florestais.....	18
5 CAPÍTULO 1.....	20
5.1 INTRODUÇÃO.....	21
5.2 METODOLOGIA.....	24
5.2.1 ÁREA DO ESTUDO.....	24
5.2.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
5.2.3 MENSURAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.....	27
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.4 CONCLUSÃO.....	47
6 CAPÍTULO 2.....	48
6.1 INTRODUÇÃO.....	49

6.2 METODOLOGIA.....	50
6.2.1 ÁREA DE ESTUDO E DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	50
6.2.2 MENSURAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.....	51
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
6.4 CONCLUSÃO.....	62
7 REFERÊNCIAS.....	63

1. INTRODUÇÃO

A produção florestal no Brasil destaca-se devido ao aumento do seu crescimento, pois segundo a Indústria Brasileira de Árvores, o país fechou o ano de 2021 com um aumento de 7,5% de valor adicionado da cadeia produtiva florestal, chegando a um recorde na receita bruta de R\$ 244,6 bilhões (IBÁ, 2022). Diante de um cenário promissor para o desenvolvimento florestal no país, é imprescindível o aprimoramento de técnicas que visem otimizar a produção e o uso do solo, visando máximo retorno econômico dos ativos florestais.

Os principais gêneros utilizados para abastecer a indústria são *Eucalyptus* e *Pinus*. A espécie *Pinus taeda* L. apresenta alto potencial para reflorestamento no sul do Brasil, por se destacar pelo incremento volumétrico nessa região (SHIMIZU; HIGA, 1981). A produtividade média dos plantios de *Pinus* durante a rotação é de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, podendo chegar a $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ com uso de tecnologia de clonagem via embriogênese e enraizamento de mini estaquia (LAMBERT, 2018; IBÁ, 2019). No Sul do Brasil, espécies de *Pinus* são mais utilizadas, em função de sua alta capacidade produtiva aliada as condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento da espécie.

A demanda por matéria prima está em ascensão, devido à grande utilização no setor de serraria e laminação. Para suprir a demanda por madeira existente no mercado, são necessários estudos visando a produção florestal e avaliando as técnicas de manejo empregadas (KÖHLER et al., 2013).

No caso do plantio de *Pinus*, além da qualidade da genética, outra característica de aumento da produtividade é a aplicação de regimes de desbastes. Os desbastes na floresta influenciam na sua produção, devido a diminuição da competição por água, luz e nutrientes, favorecendo dessa forma o crescimento das árvores remanescentes (OLIVEIRA et al., 2018). A intensidade dos desbastes gera diferentes resultados no desenvolvimento da floresta, por exemplo, um desbaste de baixa intensidade, ou seja, com a remoção de poucas árvores, gera um maior volume total da floresta, e quando aplicado um desbaste mais pesado (retirada de muitas árvores) causam maior crescimento diamétrico dos indivíduos remanescentes e consequentemente, produção de maior volume individual (SCHNEIDER; FINGER, 1994; SCOLFORO; MACHADO, 1996). Além disto, quando aplicado um desbaste adequado, ocorre melhoria na qualidade da madeira e aumenta a dimensão das árvores remanescentes, sem levar a perdas significativas de volume (SCHNEIDER et al., 1998).

Para determinar um manejo adequado para o plantio, é importante ter conhecimento dos diversos fins da madeira, a fim de possibilitar um maior aproveitamento e consequentemente

maior retorno econômico, pois os diversos usos finais da madeira alcançam preços diferentes no mercado, sendo o conhecimento desta proporcionalidade denominado de sortimento (CONCEIÇÃO, 2004). Para isso, é importante utilizar funções de afilamento para a quantificação dos sortimentos dos povoamentos florestais, pois indicam os volumes comerciais parciais ao longo do fuste e maximiza o aproveitamento da madeira do povoamento florestal (RAMOS, 2012).

Com o objetivo de gerar maior retorno econômico, o planejamento do manejo do plantio deve ser feito focando na maior produção e utilizando os recursos disponíveis. Por isso, é importante conhecer qual é a melhor opção de manejo para o produto final desejado, de forma a otimizar as operações, diminuindo custos e alcançando a máxima produção.

Este trabalho visou estudar um plantio de *Pinus taeda* L, manejado com diferentes intensidades de desbaste seletivo alto ao longo de 35 anos. Foram avaliadas diferentes variáveis dendrométricas individuais e coletivas, de modo a definir o regime de manejo que melhor combina crescimento individual e coletivo para máximo desempenho econômico.

A dissertação foi organizada em dois capítulos, o primeiro capítulo voltado para uma análise da influência do primeiro e segundo desbastes no crescimento e desenvolvimento inicial do plantio, sendo que os desbastes foram feitos aos 4 e 7 anos de idade, e o monitoramento do plantio até os 10 anos de idade. Já o segundo capítulo definiu a intensidade de desbaste que atinge o maior retorno econômico considerando quatro idades de corte raso como possíveis cenários.

2. HIPÓTESES

- Há uma intensidade de desbaste e idade ideais para alcançar um máximo incremento médio anual para plantio de *Pinus taeda* L.
- É possível determinar um valor de área basal ideal para o melhor desenvolvimento em diâmetro e volume da floresta de *Pinus taeda*.
- É possível obter maior rentabilidade econômica em manejos com desbastes que retirem maior número de árvores.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Caracterizar e entender a resposta das árvores e da floresta de *Pinus taeda* submetidas a diferentes estratégias de manejo e suas implicações para a produção volumétrica e desempenho econômico, visando encontrar um regime de manejo ótimo.

3.2. Objetivos Específicos

- Determinar o incremento médio anual máximo obtido em plantio de *Pinus taeda* submetido a diferentes intensidades de desbastes;
- Determinar os valores de área basal e volume total antes e depois das intervenções para cada um dos tratamentos de intensidade de desbastes;
- Identificar o tratamento com maior viabilidade econômica indicando a idade ideal para corte raso;
- Identificar o regime de manejo para *Pinus taeda* ideal, que alcance maior produção e rentabilidade.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Mensuração e planejamento florestal

Para avaliar o manejo de um povoamento, uma das ferramentas que fornecem informações qualitativas e quantitativas é o inventário florestal, que, segundo Péllico Netto; Brena (1997) é uma atividade que visa obter informações dos recursos florestais existentes em uma área pré-especificada. Para Husch et al. (1982), o inventário florestal consiste na aplicação de princípios de medição para se obterem informações quantitativas que produzem decisões após a análise detalhada dos dados mensurados.

Os dados podem ser obtidos de parcelas temporárias ou permanentes. Inventários contínuos os quais possuem unidades amostrais permanentes fornecem maior precisão e confiabilidade dos dados em relação à dinâmica da floresta, uma vez que se tem o conhecimento da correlação entre as medições das mesmas árvores nas unidades amostrais. A avaliação de mudanças de crescimento das florestas constitui o instrumento fundamental para o manejo racional dessas, bem como permitem ao manejador planejar a obtenção do equilíbrio entre

produção e a exploração, conhecido como manejo em regime de produção sustentada (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

Durante o processo de planejamento florestal, é necessário levar em consideração à finalidade da madeira proveniente do plantio, para determinar quais práticas silviculturais serão aplicadas. Porém, durante o planejamento da produção, é importante a escolha adequada da densidade do plantio (GOMES et al., 1997).

Determinar o espaçamento inicial é um fator importante, pois os espaços disponíveis para o desenvolvimento desses indivíduos influenciam diretamente nas variáveis dendrométricas do povoamento, uma vez que espaçamentos menores resultam em menor diâmetro, maior área basal, maior volume total e menor volume individual (LEITE et al., 2006).

A variável diâmetro é a mais influenciada com relação as práticas silviculturais do povoamento e ao respectivo manejo empregado (ELOY et al., 2016; SILVA et al., 2016; MOULIN et al., 2017). Dessa forma, segundo Dobner Jr. (2014), para avaliar a floresta de maneira mais eficiente deve ser utilizada a variável diâmetro dominante, que corresponde aos valores das árvores superiores, as quais apresentam resultados mais verdadeiros da floresta que árvores intermediárias ou árvores dominadas.

Já a variável pouco influenciada pelos desbastes ou densidade do povoamento é a altura dominante definida por Assmann (1970) apud Schuchovski, Arce e Oliveira (2019) como a altura média das 100 árvores de maior diâmetro em um hectare. A qualidade do sítio é frequentemente estimada pelo crescimento em altura, que é uma variável altamente correlacionada com a produtividade volumétrica (SANQUETTA et al., 2014).

Além dessas variáveis dendrométricas, é importante avaliar o crescimento e produção florestal ao longo do tempo. Quando o incremento das dimensões de uma árvore é quantificado em intervalos de medições em períodos anuais tem-se o incremento corrente anual (ICA), já o incremento médio anual (IMA) é calculado dividindo-se o crescimento cumulativo (produção) pela idade (HUSCH et al, 1982). Autores como Lima et al. (2013), Shimizu et al. (1981), Sanquetta et al. (1998) e Leite et al. (2006) observaram diferenças com relação aos incrementos quando aplicados diferentes espaçamentos em plantio florestais, com o objetivo de encontrar o espaço vital ideal para o crescimento das árvores conforme a finalidade do produto.

Segundo Lima et al. (2013), o espaçamento afeta diretamente o crescimento em volume por hectare e também a evolução dos incrementos anuais para a mesma variável. No caso de espaçamentos menores, ou seja, com mais número de árvores por hectare, são encontrados

maiores incrementos anuais em volume por unidade de área do que para plantios menos adensados.

Ao levar em consideração os valores de IMA e ICA, ainda pode-se determinar a idade técnica de corte que é utilizada com o objetivo de maximizar a produtividade em volume, ou seja, o povoamento é colhido na idade em que o incremento médio anual atinge seu ponto máximo (LEUSCHNER, 1990 apud DIAS et al, 2005). A ITC (Idade técnica de corte ou idade de rotação técnica) corresponde à mesma idade em que o IMA se iguala ao ICA (LEITE, 2001).

4.2. Regimes de manejo de *Pinus* no Brasil

Os regimes de manejo definem quais as atividades que devem ser aplicadas para atender os produtos previstos para a floresta. Existem vários sistemas de manejo de florestas nativas e plantadas que são utilizados por diversos países no mundo (FAO, 1989), sendo os mais difundidos para florestas de produção os sistemas de *Pulpwood*, *Clearwood* e *Utility*.

4.2.1 Regime *Pulpwood*.

Scolforo (1998), caracterizou o regime *Pulpwood* como o regime de manejo que prioriza a produção de madeira de menores dimensões e com densidade populacional maior que nos demais regimes, sendo utilizado com preferência por empresas de papel, celulose, biomassa, energia e carvão. Nesse caso, não são aplicadas intervenções periódicas e o corte raso ocorre em idades menores, podendo variar com o sítio.

4.2.2 Regime *Utility*.

Já no caso do regime *Utility*, são produzidas toras de maiores dimensões que no *pulpwood* para multiprodutos, devido à realização de desbastes de maneira periódica ao longo do ciclo produtivo (SCOLFRO, 1998). Os ciclos de produção são normalmente maiores que no regime *pulpwood*.

A elevada densidade de árvores, destacada no regime *pulpwood*, ocasiona em poucos anos a diminuição do crescimento do diâmetro, então são aplicados desbastes que visam liberar espaço para que continue ocorrendo o crescimento das árvores remanescentes (RIBEIRO et al., 2002).

4.2.1 Regime *Clearwood*.

Ainda, no regime *Clearwood*, além de ter como objetivo a produção de madeira de maiores dimensões, o objetivo é obter madeira livres de nós. Nesse caso são realizadas intervenções como a poda artificial e os desbastes, obtendo então produtos nobres (SCOLFORO, 1998).

4.3. Regimes de desbastes aplicados no manejo florestal

Os desbastes consistem na redução do número de árvores que crescem num determinado povoamento de modo a condicionar a competição e dar às árvores remanescentes mais espaço, luz e nutrientes para o seu desenvolvimento (RIBEIRO et al., 2002). Segundo Padoin (2007), o desbaste aumenta o crescimento das árvores remanescentes do povoamento, diferenciando a madeira e o comércio do produto.

Além disto, desbastes são aplicados visando a obtenção de multiprodutos, como madeira para laminação, serraria, entre outras (SCHNEIDER et al 1999; DAVID et al., 2017).

4.3.1 Desbastes sistemáticos

Com o objetivo de facilitar o acesso dos maquinários de colheita ao interior do povoamento deve ser realizado o desbaste sistemático, sem considerar a classe das copas, muito menos a qualidade das árvores a serem retiradas. Este método não tem relação com os critérios de manejo adotados para a condução dos povoamentos, mas consiste basicamente na colheita sistemática de linhas de plantio em intervalos pré-determinados (SPINELLI, 2004; DOBNER JR; HUSS, 2015).

No caso do desbaste sistemático muitos trabalhos utilizam a retirada da 5ª e 6ª linha do plantio, demonstrando que são os mais convencionais (SANQUETTA et al., 1998; STÖHR, BAGGIO, 1981; DAVID et al., 2016; SCOLFORO et al, 2001).

4.3.2 Desbastes seletivos baixos ou por baixo

Nos últimos anos a prática de desbaste vem sendo aplicada principalmente aos plantios de *Pinus*, e também nos plantios de eucalipto com o objetivo de obter multiprodutos, visando maiores retornos econômicos (SOARES, 2002).

Pensando no manejo do povoamento, os desbastes seletivos podem ser classificados em desbastes seletivos baixo ou alto, conforme o critério de seleção das árvores a serem retiradas do povoamento. No caso do desbaste seletivo por baixo a prioridade é a retirada de indivíduos de qualidade inferior do povoamento, como os dominados, bifurcados, tortuosos ou com danos (SERPE et al., 2018). Apesar de o povoamento apresentar uma evidente melhoria visual na sua qualidade as árvores remanescentes não se têm um aumento de espaço adicional para o crescimento de suas copas. Mesmo com essa desvantagem ainda é o mais utilizado no Brasil (DOBNER JR; HUSS, 2015).

4.3.3 Desbastes seletivos altos ou por alto

Ao considerar o desbaste por alto, são determinados primeiramente os indivíduos potenciais, com uma boa qualidade do fuste, altura e diâmetros maiores que os demais. Com isso, são identificadas as principais concorrentes das árvores potenciais, as quais também são indivíduos bem desenvolvidos, mas ao comparar com a dominante apresenta características medianas e por isso competem diretamente com a dominante. Essas árvores concorrentes são removidas com o objetivo de que as potenciais possam desenvolver suas copas sem restrição de espaço (DOBNER JR; HUSS, 2015).

4.3.4 Desbaste misto

Ao utilizar um modelo seletivo e o sistemático, retira-se uma linha de acordo com a capacidade de mecanização e ainda árvores selecionadas. A vantagem desse modelo é que além da retirada de árvores para possibilitar passagem das máquinas ocorre a retirada de árvores que não atingirão o potencial de crescimento desejado (CARNEIRO, 2012).

Além disso, outro fator decisivo nesse caso é a escolha de intensidades e intervalos apropriados de desbastes que acarretam diâmetros maiores e a melhoria da qualidade de madeira sem perdas significativas de volume (ASSMANN, 1970 apud SCHNEIDER, 2012). No caso dos desbastes com fortes intensidades as perdas no crescimento volumétrico são mais prováveis, mas, dentro de certos limites, essas perdas podem ser compensadas mediante a

melhoria da estrutura nos sortimentos e possibilitam um aumento na produção de sortimentos valiosos (ASSMANN, 1970 apud SPATHELF; SELING, 2000).

4.3.5 Desbaste Pré-Comercial

Diferente dos demais desbastes o pré-comercial tem como objetivo apenas o manejo visando o impacto dessa intervenção no futuro da floresta a partir da diminuição da competição, e não promovendo renda, devido as árvores derrubadas não serem aproveitadas. Segundo Ahrens (1987) esse desbaste libera as melhores árvores do povoamento e dá mais condições de formação de copa e crescimento em diâmetro. Esse tipo de desbaste pode ser realizado como alternativa para atrasar o desbaste comercial sem prejudicar o desenvolvimento das árvores causado pela competição (BONAZZA et al, 2020).

Ahrens (1987) sugere ainda que os desbastes pré-comerciais sejam feitos o quanto antes no povoamento, quando já seja possível de identificar as árvores que devem permanecer no corte raso. Ahrens (1997) ainda destacou que esse tipo de desbaste deve ser utilizado para o manejo de árvore de grandes diâmetros, devido a aumentar o valor comercial das árvores que permanecem na floresta.

4.4. Viabilidade econômica de plantios florestais

A avaliação dos sortimentos é considerada uma importante ferramenta para o planejamento florestal, pois é possível realizar estimativas de multiprodutos, permitindo um melhor aproveitamento da madeira. Além disto, planos de manejo podem ser elaborados a partir de estudos da evolução dos sortimentos florestais, o que pode ajudar o manejador a tomar decisões mais seguras em relações as intervenções que serão necessárias na floresta ao longo do tempo (KOHLENER et al., 2015).

Dessa forma, a avaliação das florestas ao longo do tempo é uma tarefa essencial ao manejo, pois por meio de informações coletadas no inventário florestal é possível definir o tempo adequado para intervir e maximizar o rendimento da madeira (KOHLENER et al., 2014). Além disto, conhecer a produtividade de uma área florestal por classes de sortimentos, é imprescindível para o planejamento florestal, pois possibilita considerar no planejamento a combinação dos efeitos que o sítio e o regime de manejo exercem sobre a produção (GOMES et al., 1997).

Segundo Berger (1982) a capacidade produtiva de um sítio está relacionada com o preço máximo a ser pago pela terra para fins florestais, ou seja, em terras mais produtivas a idade de corte será menor, pois o sítio está relacionado com a capacidade produtiva de uma área. Quando se trata da produção de madeira com maior valor agregado, é de se esperar que em locais de melhor qualidade de sítio, maiores densidades de plantios sejam preferíveis, uma vez que, nesses sítios, ocorre maior variabilidade de diâmetros em relação aos sítios menos produtivos, permitindo a melhor seleção das árvores que serão favorecidas pelos desbastes.

Schneider e Schneider (2008) explicaram que o manejo florestal deve contar com solidez biológica e econômica, indicando que as atividades devem ser desenvolvidas de maneira que possam propiciar o máximo de efetividade a baixos custos. Desta forma, empresas e produtores florestais buscam um manejo florestal efetivo onde o incremento no valor econômico e/ou social da floresta seja maior do que os juros acumulados dos custos dos tratamentos (ALDER, 1980).

Ao analisar a viabilidade econômica, normalmente são utilizados os dados da Taxa Interna de Retorno e do Valor Presente Líquido. No caso do cálculo da taxa interna de retorno de um determinado regime florestal, todas as receitas e despesas, começando com o plantio do povoamento até o fim da rotação, são consideradas. As receitas abrangem a do corte final sem as despesas com o corte na idade da rotação, bem como as receitas dos desbastes nas diferentes idades do povoamento, também sem as despesas com esses cortes. Nas despesas, devem ser considerados os custos do plantio, os custos da administração, bem como a renda do capital solo (SPATHELF; SELING, 2000). Os métodos de taxa interna de retorno e do valor presente líquido estão relacionados. Essa relação ocorre devido a taxa interna de retorno igualar a zero o valor líquido presente de um investimento (CLUTTER et al., 1983 apud SPATHELF; SELING, 2000).

CAPÍTULO I

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE UMA FLORESTA DE *Pinus taeda* L. NOS PRIMEIROS ANOS APÓS DESBASTE ALTO

RESUMO

Ao considerar a importância do manejo do *Pinus taeda* para obtenção de diversos produtos, observar o crescimento e resposta logo após as primeiras intervenções pode possibilitar a identificação do momento ideal para o desbaste. Além disso, essa análise possibilita definir a intensidade de remoção de árvores visando adiantar o ciclo e melhorar a qualidade do produto final. Esse trabalho teve como objetivo analisar os resultados dos primeiros anos após duas intervenções em plantios de *Pinus taeda*, no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina, considerando 7 intensidades de desbaste seletivo pelo alto além de um tratamento controle sem desbaste. Foram avaliados os números de árvores por hectare, área basal, diâmetros dominantes, diâmetros médios, incrementos médios anuais individuais volumétricos e incrementos médios anuais volumétricos por hectare entre a idade de 4 anos até 10 anos de idade, sendo que as intervenções foram feitas aos 4 e 7 anos. Os dados foram comparados estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 95% de probabilidade e pela análise multivariada de agrupamento (Cluster). Foram observadas as faixas de áreas basais nos máximos incrementos em volume. Considerando desbastes leves (1 árvore competidora removida para cada dominante), intensidades moderadas (2 árvores competidoras removidas para cada dominante) e as florestas submetidas a desbastes pesados (4 ou todas as 5 árvores competidoras removidas para cada dominante) os valores de número de árvores por hectare foram de 1.800 árv ha⁻¹, 1.200 árv ha⁻¹ e 400 árv ha⁻¹ respectivamente. Para área basal por hectare os valores foram de 50 m² ha⁻¹ para tratamentos leves, 45 m² ha⁻¹ para tratamentos de intensidade moderada e para intensidade pesada 35 m² ha⁻¹. Os valores de diâmetro dominante foram de 25 cm, 30 cm e 35 cm, já o diâmetro médio foi de 18 cm, 22 cm, 32 cm para os tratamentos leves, moderados e pesados, respectivamente. No caso dos valores de IMA em volume individual foi encontrado 0,02 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ para tratamentos leves, até 0,03 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em tratamentos moderados e 0,055 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ nos tratamentos moderados. Para as intensidades de desbastes leves o valor de área basal que representa o maior incremento em volume é próximo de 45 m² ha⁻¹ na idade entre 4 e 5 anos, para os tratamentos moderados e pesados esse valor foi atingido entre os 5 e 6 anos, com 41 m² ha⁻¹ e 31 m² ha⁻¹.

Palavras-chave: Incremento; Área Basal; Manejo Florestal.

ABSTRACT

Considering the importance of managing *Pinus taeda* for obtaining various products, monitoring growth and response shortly after the initial interventions can help identify the optimal moment for thinning. Furthermore, this analysis can help determine the intensity of tree removal to expedite the cycle and enhance the quality of the final product. This study aimed to analyze the results of the initial years after two interventions in *Pinus taeda* plantations in Campo Belo do Sul, Santa Catarina, involving 7 intensities of high selective thinning and a control treatment without thinning. Parameters such as the number of trees per hectare, basal area, dominant diameters, average diameters, individual volumetric annual increments, and volumetric annual increments per hectare were evaluated from 4 to 10 years of age, with interventions at 4 and 7 years. Data were statistically compared using the Scott-Knott test at a 95% probability and multivariate cluster analysis. Basal area ranges were observed in the maximum volume increments. For light thinning (1 competing tree removed for each dominant), moderate thinning (2 competing trees removed for each dominant), and heavy thinning (4 or all 5 competing trees removed for each dominant), the values of trees per hectare were 1,800 trees ha⁻¹, 1,200 trees ha⁻¹, and 400 trees ha⁻¹, respectively. Basal area values per hectare were 50 m² ha⁻¹ for light treatments, 45 m² ha⁻¹ for moderate treatments, and 35 m² ha⁻¹ for heavy treatments. Dominant diameters were 25 cm, 30 cm, and 35 cm, while average diameters were 18 cm, 22 cm, and 32 cm for light, moderate, and heavy treatments, respectively. Individual volumetric annual increment values were 0.02 m³ ha⁻¹ year⁻¹ for light treatments, up to 0.03 m³ ha⁻¹ year⁻¹ for moderate treatments, and 0.055 m³ ha⁻¹ year⁻¹ for heavy treatments. For light thinning intensities, the basal area value representing the highest volume increment is approximately 45 m² ha⁻¹ at the age of 4 to 5 years, while for moderate and heavy treatments, this value is achieved between 5 and 6 years, with 41 m² ha⁻¹ and 31 m² ha⁻¹, respectively.

Keywords: Increment; Basal Area; Forest Management.

5.1 INTRODUÇÃO

Os plantios de *Pinus* sp ocupam uma área de aproximadamente 1,7 milhão de hectares do país, sendo na região do planalto sul do Brasil considerados uma atividade econômica importante contando áreas de plantio no Paraná (43%), Santa Catarina (24%) e Rio Grande do

Sul (18%), segundo a Indústria Brasileira de Árvores (2021). Em Santa Catarina, o *Pinus* representa 67% da área de florestas plantadas do estado (ACR, 2019).

Vasquez et al. (2007) demonstraram a importância do gênero *Pinus* afirmando que é notória sua importância como base de sustentação de uma economia setorial que possui significância nacional. Os mesmos autores concluíram que devido a movimentação significativa de recursos relacionados a dimensão do setor produtivo de toras, considerando seus diversos usos, a cadeia produtiva e as demandas agregadas são vitais para a região e para o país.

Devido ao mercado de madeira absorver toras de diversos tamanhos, o setor as classifica em sortimentos, de acordo com seu diâmetro na ponta fina, e que consequentemente possuem diferentes valores de mercado. As toras com maiores dimensões e melhor qualidade apresentam maior valor de mercado, devido ao manejo mais intenso e ciclos rotação mais longos, sendo destinadas a usos mais nobres, como por exemplo a laminação (BONAZZA et al, 2022).

A produção de madeira dos povoamentos florestais está relacionada normalmente a questão de tratamentos silviculturais, índice de sítio e, principalmente, com a densidade da floresta. Com isso, destaca-se que conforme a floresta conte com um maior número de árvores, consequentemente, o valor da área basal será maior a ponto de gerar uma competição agressiva entre as árvores e dar início a mortalidade natural na floresta afim de reduzir o valor área basal (ELESBÃO; SCHNEIDER, 2011).

Como alternativa para a redução do número de árvores em uma floresta podem ser feitos desbastes, ou seja, retirar algumas árvores para abrir espaço para que as remanescentes continuem crescendo e se desenvolvendo com maior potencial. A execução dos desbastes pode ser classificada como desbaste seletivo, selecionando as árvores conforme suas características e sistemático retirando linhas de árvores para passagem de máquinas de colheita. Além disso, os desbastes seletivos podem ser classificados em função da qualidade das árvores a serem removidas, sendo diferenciado em seletivo por baixo ou seletivo pelo alto (SMITH et al., 1997, apud BONAZZA et al, 2020).

O desbaste seletivo alto demonstra grande potencial em função do favorecimento do crescimento individual das árvores remanescentes. A intervenção ocorre basicamente em função da análise da copa das árvores, ou seja, quando duas ou mais árvores potenciais cujas copas se tocam indicam competição mútua. Assim, uma ou mais precisam ser removidas para que as árvores potenciais remanescentes possam expressar todo seu potencial de crescimento (DOBNER JR, 2014).

Schneider (1993) explicou que a área basal e o diâmetro das árvores são variáveis extremamente afetados pela densidade do povoamento, isso se comprova quando logo após um desbaste árvores de uma mesma classe diamétrica, em curto espaço de tempo, podem ingressar em classes diamétricas superiores. Além disso, segundo Reinstorf (1970) apud Trevisan (2006) desbastes mais intensos liberam grandes espaços dentro da floresta causando um crescimento do diâmetro maior que quando comparado a desbastes mais leves, porém acredita-se que esse volume retirado possa ser recuperado.

Alves (1982) citou que em povoamento mais velhos existem limites para o aumento em incremento de uma floresta, pois ao considerar desbaste mais pesados ocorrem perdas de volume que árvores remanescentes não são capazes de repor. Por outro lado, povoamentos mais jovens podem responder melhor a abertura de mais espaço na floresta e a redução na competição entre as árvores, ocasionando um aumento no crescimento em volume.

Segundo Assmann (1970) apud Padoin e Finger (2010), para possibilitar o crescimento de uma árvore em um povoamento o espaço médio disponível varia de maneira inversa com relação ao número de árvores por hectare e diretamente com a variável diâmetro médio das árvores. Isso acontece pois com o aumento do diâmetro das árvores e, consequentemente, da altura, o tamanho médio das copas também aumenta junto com o espaço requerido para o crescimento. Ainda, ao levar em consideração os valores da variável diâmetro para árvores dominantes, as quais respondem mais aos desbastes e espaçamento que árvores intermediárias ou suprimidas, avalia-se a floresta de forma mais duradoura em termos absolutos ou relativos (DOBNER JR, 2014).

Ao considerar que o diâmetro é a variável mais suscetível a sofrer influência a fatores externos e genéticos (ELOY et al., 2016; SILVA et al., 2016; MOULIN et al., 2017) e que a variável altura dominante é menos influenciada por esses fatores (CAMPOS; LEITE, 2017) é possível identificar relações entre a produção da floresta por meio do incremento médio anual (IMA) (MACHADO et al., 2015). A avaliação do incremento médio anual é importante para observar diretamente o potencial de produção do local (DOBNER JR, 2014).

Saber como as variáveis dendrométricas se comportam sob influência de determinados fatores permite encontrar melhores maneiras para a condução da floresta conforme o tempo de ciclo e o produto desejado. Com isso, ao avaliar um plantio imediatamente após uma intervenção e ao longo dos próximos anos, possibilita mais entendimento sobre a resposta da floresta ao longo do tempo e seu diferencial devido ao tipo de intervenção aplicado. Segundo Nicoletti et al. (2021) em um plantio de *Pinus taeda* após um desbaste aos 11 anos, a variável

diâmetro médio apresenta diferença dos demais tratamentos já a partir do segundo ano, demonstrando um resultado imediato da intervenção.

Esse capítulo tem por objetivo demonstrar o crescimento inicial de um plantio de *Pinus taeda* L. logo após o primeiro e o segundo desbastes pelo alto, respectivamente aos 4 e aos 7 anos de idade, avaliando até o décimo ano. Foram comparados os diâmetros dominantes e médios, área basal e incrementos volumétricos da floresta verificando suas relações com as diferentes intensidades de desbastes.

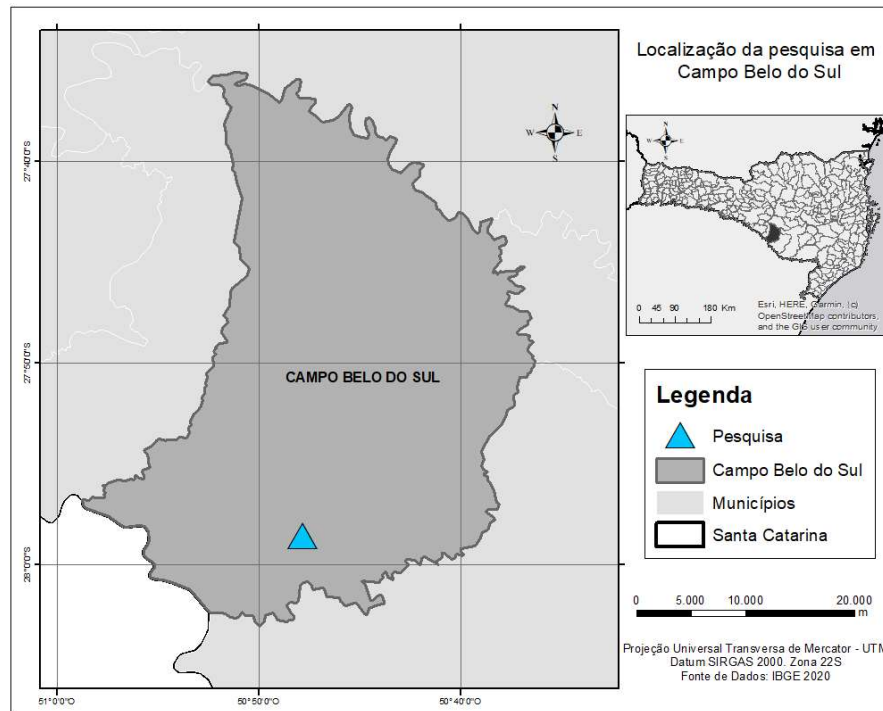
5.2. METODOLOGIA

5.2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Campo Belo do Sul, na região serrana de Santa Catarina, microrregião dos Campos de Lages. O clima da região é classificado como Cfb segundo a classificação de Köppen, definindo-se por apresentar verões amenos (ALVARES et al. 2013). A região possui altitudes entre 950 a 1.017 m, temperatura média anual é de 15,6 °C e precipitação média anual de 1.400 mm (MAFRA et al., 2008; SEBRAE, 2010) bem distribuída ao longo do ano.

A área de estudo fica localizada no interior sul do município que conta com uma altitude de 1.017 m de altitude com relação ao nível do mar, próximo à divisa com o município de Capão Alto e à divisa com o estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

Figura 1. Localização de Campo Belo do Sul/SC e do experimento.



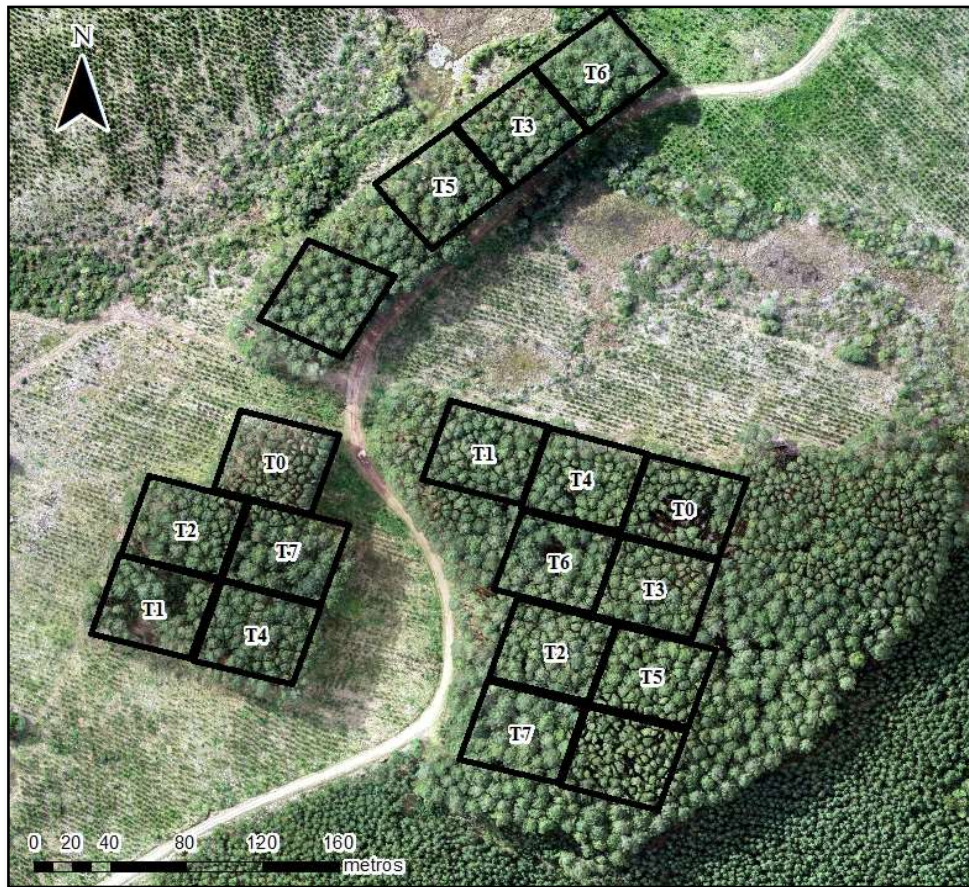
Fonte: Autora (2024).

5.2.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O povoamento de *Pinus taeda* foi implantado em 1982 com a densidade inicial de aproximadamente 2.600 árvores por hectare (1,6 x 2,4 m). Quando a floresta apresentava 4 anos o experimento foi instalado, no ano de 1986, em uma área de 6,81 ha e com objetivo de avaliar a resposta da espécie a diferentes intensidades de desbastes e prospectar a melhor estratégia de manejo. Foram delineados oito tratamentos com duas repetições, resultando na instalação de 16 parcelas de 2.000 m², sendo 1.000 m² de área útil para medições (Figura 2).

Apesar de conter 18 parcelas, a Figura 2 apresenta duas parcelas sem identificação de um tratamento, porém apenas com a realização de um desbaste sistemático que não foi considerado para esse estudo, devido a não conter nenhum desbaste seletivo ao longo do período de monitoramento, que inviabilizaria a comparação.

Figura 2. Mapa de localização das parcelas e tratamentos.



Fonte: Autora (2024).

Os tratamentos foram definidos conforme a intensidade dos desbastes no início e meio do ciclo de produção: "Sem desbaste", "Leve", "Leve-Leve", "Moderado", "Moderado-Leve", "Moderado-Moderado", "Pesado-Moderado" e "Extremo". Por exemplo, o tratamento "Leve" recebeu apenas o primeiro desbaste com intensidade leve, sem o segundo desbaste. Já o tratamento "Leve-Leve" recebeu desbaste leve no começo e leve no meio do ciclo de produção. A Tabela 1 apresenta o momento e número de árvores removidas em desbastes ao longo do tempo por tratamento.

Devido ao primeiro desbaste ter sido realizado aos 4 anos de idade essa primeira intervenção deve ser considerada como um desbaste pré-comercial, pois nessa idade não há produção de volume comercial, com diâmetro mínimo de 10 cm na poda fina das toras.

Tabela 1. Desbastes aplicados e número de árvores competidoras por árvore potencial removidas em cada tratamento.

Tratamento	4 anos	7 anos	10 anos
Sem desbaste (T0)	-	-	-
Leve (T1)	1	-	1
Leve-Leve (T2)	1	1	1
Moderado (T3)	2	-	1
Moderado-Leve (T4)	2	1	1
Moderado-Moderado (T5)	2	2	0,5
Pesado-Moderado (T6)	4	0,5	0,5
Extremo (T7)	Todas	-	0,5

Fonte: Autora (2024).

Em todos os tratamentos foi realizado o desbaste seletivo pelo alto, ou seja, foram selecionadas 400 árvores potenciais por hectare que foram liberadas de nenhuma, uma, duas, ou todas as árvores concorrentes diretas. A remoção de 0,5 árvore concorrente por árvore potencial significa que 1 árvore concorrente foi removida para o favorecimento de 2 árvores potenciais.

A seleção das árvores potenciais é feita observando características como maior diâmetro, altura, e qualidade do fuste quando comparada com as demais ao seu redor. Outra condição para seleção das árvores potenciais é a disposição espacial, ou seja, não deve ser selecionada uma árvore dominante ao lado da outra, ou ainda, deixar clareiras no plantio retirando duas ou mais árvores muito próximas. Esse tipo de disposição pode levar a conclusão de que não está sendo feita a seleção correta das árvores, mantendo a competição entre potenciais e não favorecendo seu desenvolvimento. Ao definir a árvore considerada potencial é necessário selecionar as competidoras, dependendo da intensidade do desbaste. Ou seja, a cada árvore potencial deve ser escolhida uma ou mais competidoras diretas, sendo essas, na maioria das vezes, árvores também potenciais ou codominantes.

5.2.3 MENSURAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Por meio de inventários florestais ao longo dos anos os dados dendrométricos foram obtidos, sendo inventariadas as 16 parcelas de interesse do experimento, mensurando o

diâmetro a 1,30 m do solo (d) de todos os indivíduos das parcelas e altura total (h) das árvores dominantes e 20% no número total de árvores da parcela. O inventário florestal foi feito anualmente nos primeiros 19 anos do experimento, porém após a idade de 21 anos os dados foram coletados apenas aos 29, 32, 34 e 35 anos de idade.

Ao todo foram realizados 21 inventários florestais, os quais foram processados pelo suplemento FlorExel, no software Microsoft Excel, para identificação das variáveis dendrométricas por ano de medição. Ainda com o Excel foram desenvolvidos alguns gráficos com as variáveis encontradas.

A análise estatística dos dados foi feita por meio do software R no ambiente R Studio. Além disso, o teste de normalidade dos dados e a comparação entre as variáveis dos tratamentos pelo teste de ScottKnott a 95% de probabilidade, também foi realizada pelo software. Devido ao baixo número de parcelas foi considerando o número de árvores nas parcelas como repetições para os testes de médias, por conta disso foi realizado apenas o teste para as variáveis individuais.

Foi comparada a resposta dos tratamentos implementados após realização do primeiro e segundo desbastes, sendo avaliadas as variáveis número de árvores, área basal por hectare, diâmetro dominante, diâmetro médio, incremento volumétrico médio individual e incremento volumétrico médio por hectare. A primeira comparação foi feita considerando o antes e depois do desbaste aos 4 anos, até a idade de 7 anos, em seguida a comparação entre as idades de 7 a 10 anos. Deve-se considerar que nem todos os tratamentos têm desbaste nas mesmas idades, logo quando os valores de diâmetro e incremento se manterem estáveis nas idades de 4 e 7 anos é devido à falta de algum desbaste.

Outra comparação foi a do incremento corrente anual do diâmetro dominante com o incremento corrente anual da área basal para os tratamentos, sendo esses separados em “Sem desbaste”, “Leve”, “Moderado” e “Extremo”, utilizando a média dos tratamentos representados por essas classificações, a fim de melhorar a visualização e comparação do resultado.

Com o objetivo de avaliar o incremento máximo em volume com relação a área basal, foram comparadas as variáveis levando em consideração os valores de cada uma em determinada idade, e então geradas equações para essas variáveis com relação a idade. As equações foram desenvolvidas considerando a tendência de ambas variáveis com relação a idade.

Com a estimativa das variáveis foi possível observar onde cada intensidade atingiu seu incremento máximo e qual foi a área basal nesse momento.

Para finalizar, foi desenvolvido um gráfico de dendrograma com o resultado da comparação multivariada pela análise de Cluster pelo método do vizinho mais próximo Euclidiano, para as idades de 4, 7 e 10 anos, antes e depois dos desbastes. As variáveis analisadas foram diâmetro médio, dominante, altura média, altura dominante, número de árvores, área basal e volume individual.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta as equações para a variável de área basal e o incremento volumétrico individual para os tratamentos, além do R^2 .

Tabela 2. Equações desenvolvidas para as variáveis área basal (G) e incremento volumétrico individual corrente anual (IvCA).

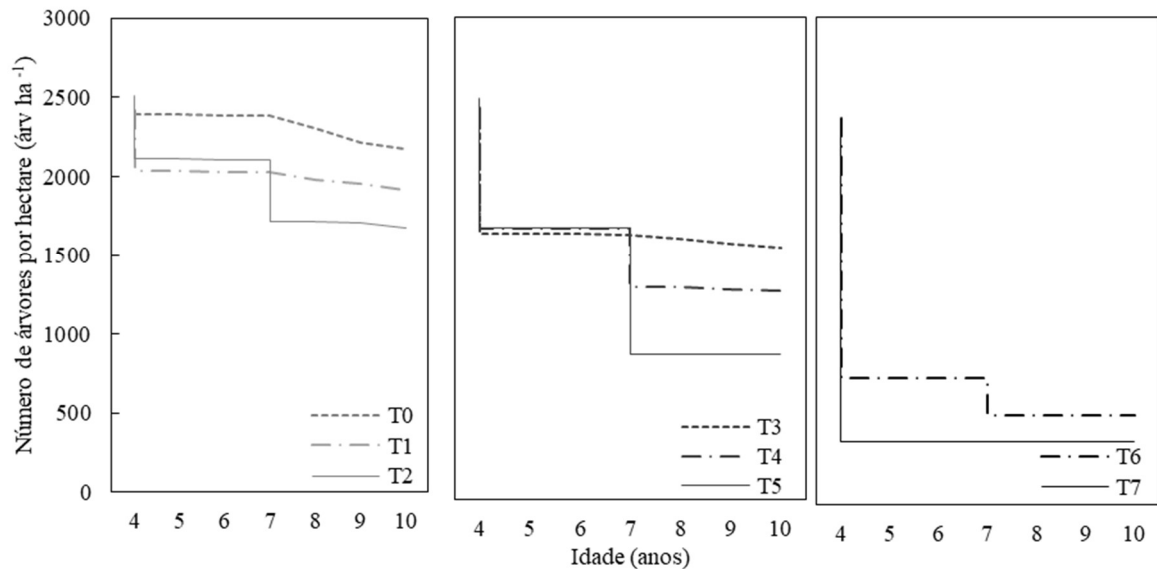
Intensidade	G (m ² ha ⁻¹)	IvCA (m ³ ano ⁻¹)
Sem desbaste	$y = -0,5048x^2 + 2,7306x + 5,144$ $R^2 = 0,3675$	$y = -0,0014x^2 + 0,0137x + 0,0002$ $R^2 = 0,7280$
Leve	$y = -0,5162x^2 + 9,9527x + 10,343$ $R^2 = 0,9814$	$y = -0,0019x^2 + 0,0173x - 0,0015$ $R^2 = 0,5165$
Moderado	$y = -0,1478x^2 + 6,3254x + 11,286$ $R^2 = 0,9504$	$y = -0,0016x^2 + 0,0176x - 3E^{-05}$ $R^2 = 0,6103$
Pesado	$y = -0,1109x^2 + 5,6074x + 3,9009$ $R^2 = 0,9734$	$y = -0,0039x^2 + 0,0424x - 0,0111$ $R^2 = 0,6059$

Sendo: y = a variável dependente (G ou IvCA); x = variável independente, nesse caso a idade em anos.

Fonte: Autora (2024).

Conforme demonstrando pela Figura 3 as intensidades de desbastes os tratamentos apresentaram diferentes números de árvores. Os tratamentos “Leve” (T1) e “Leve-Leve” (T2) tiveram uma árvore concorrente removida a cada dominante aos 4 anos, resultando uma densidade de 2.100 árv ha⁻¹ após a intervenção. O tratamento “Leve-Leve” após o primeiro desbaste comercial pelo alto foi retirado 1 árvore concorrente a cada potencial no próximo desbaste, mantendo o valor de número de árvores em 1.717 árv ha⁻¹.

Figura 3. Número de árvores por hectare nos 10 primeiros anos separados em tratamentos leves (esquerda), moderados (centro) e pesados (direita), e comparação por Scott-Knott.



Sendo: T0 = “Sem desbaste”; T1 = “Leve”; T2 = “Leve-Leve”; T3 = “Moderado”; T4 = “Moderado-Leve”. T5 = “Moderado-Moderado”; T6 = “Pesado-Moderado”; T7 = “Extremo”.

Fonte: Autora (2024).

Nos tratamentos “Moderado” (T3) e “Moderado-Leve” (T4) e “Moderado-Moderado” (T5) foram removidas duas árvores concorrentes para cada dominante no primeiro desbaste, se mantendo com 1.695 árv ha⁻¹. Já no segundo desbaste o tratamento T4 teve mais 1 concorrente retirada e chegou a 1.320 árv ha⁻¹ e o T5 se manteve com 907 árv ha⁻¹, retirando duas concorrentes.

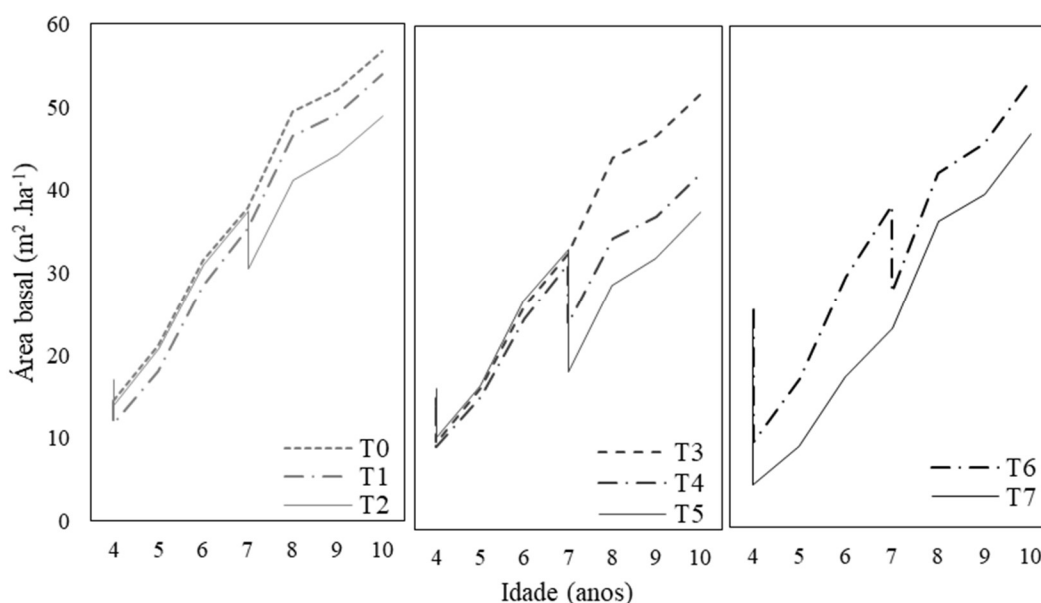
O povoamento sob o tratamento “Pesado-Moderado” (T6) teve 800 árv ha⁻¹ selecionadas para permanecer no povoamento, as demais foram removidas na primeira intervenção. Devido a identificação de competição entre as árvores remanescentes, foi removida 1 árvore concorrente para cada 2 potenciais no segundo desbaste, ficando com 777 árv ha⁻¹. No tratamento Extremo (T7), após a seleção das árvores potenciais foram removidas todas as árvores concorrentes, resultando em 400 árv ha⁻¹.

Consequentemente afetada pelo número de árvores, outra variável que foi avaliada foi a área basal, observada pela Figura 4. Considera-se que ao quarto ano da floresta todos os tratamentos iniciaram com cerca de 17 m² ha⁻¹ de área basal. No caso dos tratamentos leves, o primeiro desbaste reduziu o valor de área basal em 3 m² ha⁻¹ (18 %), fato que não ocorreu com

o tratamento “Sem desbaste”. Ao sétimo ano todos atingiram aproximadamente $36 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, porém logo após o segundo desbaste o tratamento T2 (Leve-Leve) foi reduzido a $30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, diferentemente dos demais que continuaram a aumentar os valores de área basal, sem mais intervenções. Aos 10 anos o tratamento “Sem desbaste” (T0) chegou a apresentar o valor de $57 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, o tratamento T1 (Leve) com $54 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ e o T2 (Leve-Leve) alcançou $49 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Para esses tratamentos, imediatamente um ano após o primeiro desbaste a floresta já recuperou sua área basal inicial ($17 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e 3 anos após o desbaste a floresta apresentou o dobro da área basal inicial.

Os tratamentos moderados após o primeiro desbaste sofreram uma redução de área basal para $11 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (36%). Ao atingir 7 anos chegaram a $33 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, ou seja, também dobrando o valor de área basal inicial. Após a segunda intervenção o T4 (Moderado-Leve) foi reduzido para $24 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (28%), o tratamento “Moderado-Moderado” atingiu $19 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (42%) e o tratamento T3 (Moderado) não teve seu valor alterado devido a não passar pelo segundo desbaste. No décimo ano, T3 apresentou valor de área basal de $52 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, próximo aos valores dos tratamentos leves, T4 atingiu $42 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ e T5 $38 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Nesse caso, apesar de a redução de área basal ter alcançado cerca de 40% sua área basal foi recuperada novamente após três anos de desbaste.

Figura 4. Área basal por hectare nos 10 primeiros anos separados em tratamentos leves (esquerda), moderados (centro) e pesados (direita).



Sendo: T0 = “Sem desbaste”; T1 = “Leve”; T2 = “Leve-Leve”; T3 = “Moderado”; T4 = “Moderado-Leve”. T5 = “Moderado-Moderado”; T6 = “Pesado-Moderado”; T7 = “Extremo”.

Fonte: Autora (2024).

Já no caso dos tratamentos pesados na primeira intervenção T6 (Pesado-Moderado) foi reduzido em $10 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (60%), atingindo $7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. O tratamento “Extremo” (T7) após o primeiro desbaste atingiu uma área basal de $3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (82%) e chegou a $16 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ idade de 7 anos, ou seja, recuperando sua área basal inicial em 3 anos e aos 10 anos de idade alcançou $31 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, dobrando o valor de área basal. Aos 7 anos o tratamento T6 alcançou $26 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ e foi reduzido novamente a $19 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, chegando aos 10 anos com $36 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$.

Segundo Mainardi et al (1996) considerando que o valor de área basal ideal para a intervenção de uma floresta de *Pinus* seja por volta de $40 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ a fim de atingir um valor sem competição de $25 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Segundo o autor no primeiro desbaste aos 8 anos, nenhum sítio conseguiu atingir a área basal necessária este resultado mostrou que a idade do primeiro desbaste foi muito jovem.

Os valores de ddom foram separados por idade após o desbaste, aos 4 e 7 e aos 10 anos para o teste de normalidade e teste estatístico de Scott Knott (Figura 5). O gráfico de boxplot representa um resumo estatístico dos dados, sendo o risco preto no centro da caixa a mediana dos dados, já os pontos extremos das caixas são referentes aos quartis dos dados, as linhas na vertical representam as variações dos dados, quando aparecem pontos são dados considerados “outliers”, ou seja, valores muito altos ou muito baixos.

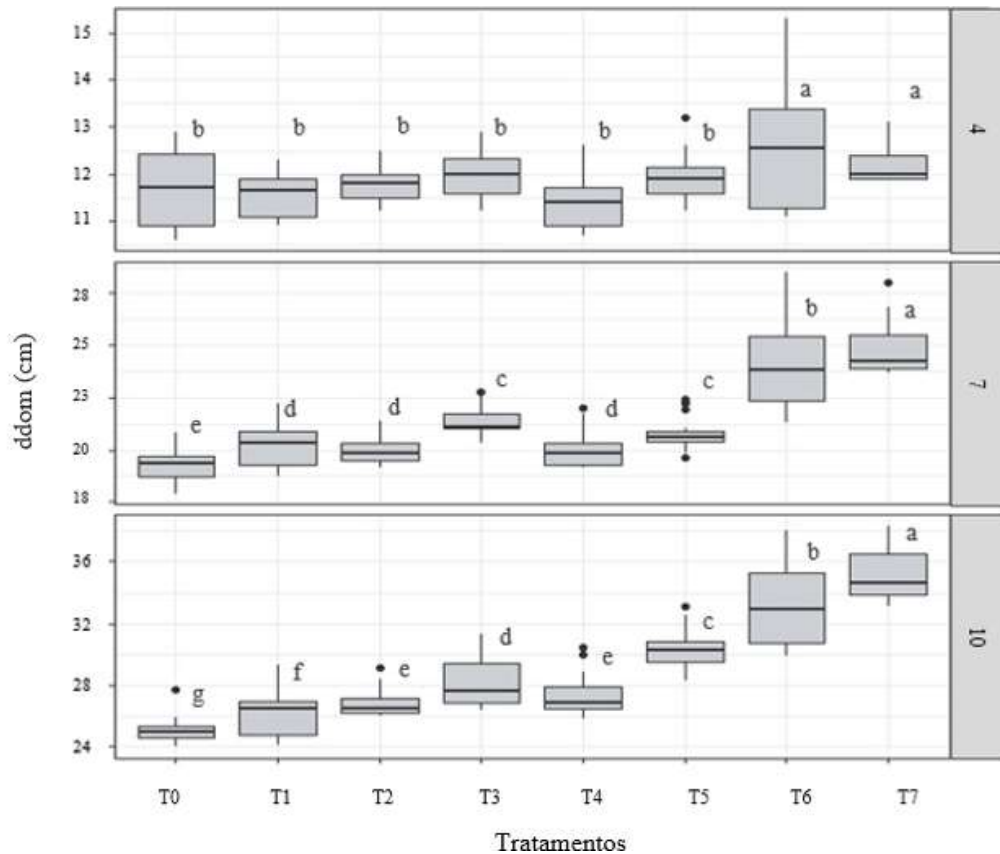
Na idade de 4 anos após o desbaste os tratamentos T7 (Extremo) e T6 (Pesado-Moderado) se destacaram com relação aos demais, não apresentando diferença estatística entre si e mantendo o valor de diâmetro dominante próximo a 13,5 cm. Os demais tratamentos também não se diferenciaram entre si, igualando-se ao tratamento “Sem desbaste”, todos esses com valor médio do diâmetro dominante no intervalo entre 11-12 cm.

Na idade de 7 anos foram observadas diferenças estatísticas, sendo ainda o tratamento “Extremo” (T7) o com valor de ddom maior destacando-se entre os demais e diferenciando-se significativamente, com 24,7 cm. O T6 (Pesado-Moderado) foi o segundo tratamento com maior valor de diâmetro dominante (24,4 cm), também com diferença significativa em relação aos demais tratamentos.

Aos 7 anos de idade os tratamentos T5 e T3, “Moderado-Moderado” e “Moderado”, respectivamente, não diferenciaram entre si estatisticamente com média de 22 cm de diâmetro dominante, mas diferenciaram-se dos demais. O tratamento T0 (Sem desbaste) a partir da idade de 7 anos, começa a demonstrar diferenças estatísticas dos demais tratamentos, nesse caso com

o menor valor dos diâmetros dominantes (19,4 cm). Já os demais tratamentos, T1 (Leve), T2 (Leve-Leve) e T4 (Moderado-Leve) não se diferenciaram, apresentando ddom em torno de 20 cm.

Figura 5. Gráfico BoxPlot do diâmetro dominante nas idades de desbastes de 4, 7 e 10 anos para cada tratamento, e comparação pelo teste de Scott-Knott.



Sendo: T0 = “Sem desbaste”; T1 = “Leve”; T2 = “Leve-Leve”; T3 = “Moderado”; T4 = “Moderado-Leve”. T5 = “Moderado-Moderado”; T6 = “Pesado-Moderado”; T7 = “Extremo”.

Fonte: Autora (2024).

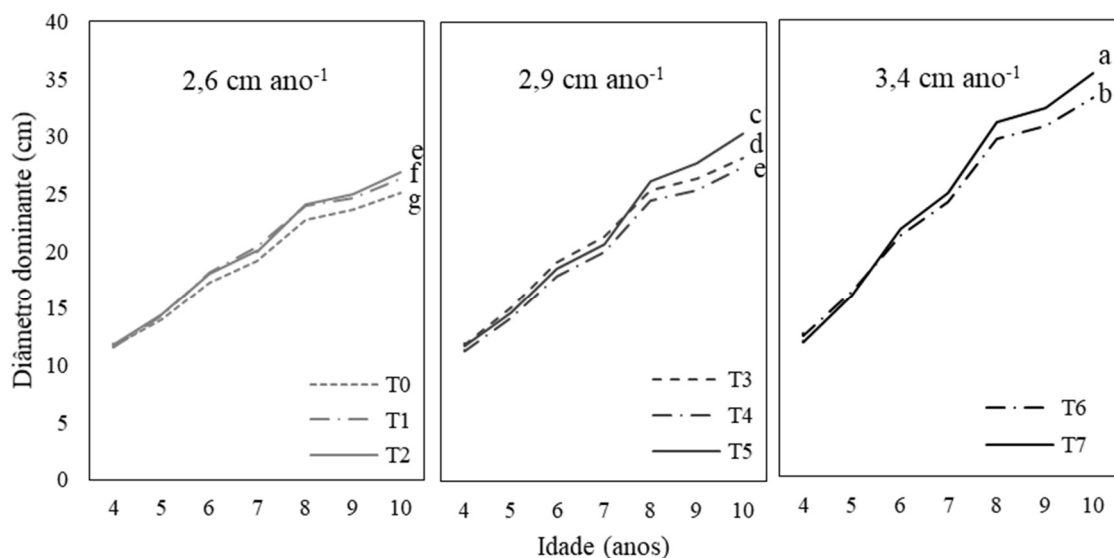
Ao observar os tratamentos na idade de 10 anos, os únicos que não diferem entre si são o T2 (Leve-Leve) e T4 (Moderado-Leve), assim como na idade de 7 anos, nesse caso com média de diâmetro dominante de 27 cm, diferenciando-se dos demais tratamentos. Os tratamentos “Extremo” e “Pesado-Moderado” apresentaram ddom de 35 cm e 33,6 cm, respectivamente, com diferença significativa entre si e em relação aos demais.

Já os tratamentos moderados T5 (Moderado-Moderado) e T3 (Moderado) demonstraram diferenças significativas entre si e aos demais, assim como diferença com relação ao tratamento “Moderado” (T4), com médias de 30,8 cm e 28,9 cm. O tratamento “Leve” (T1) apresenta

média de 26 cm, diferenciando-se dos demais, bem como o tratamento T0 (Sem desbaste) com média de 25 cm de diâmetro.

A Figura 6 permite analisar o diâmetro dominante ao longo do tempo. Aos 7 anos de idade da floresta, três anos após o primeiro desbaste, os tratamentos leves (T1 e T2) apresentam valores de ddom partindo de 12 cm e atingindo cerca 20 cm, enquanto no caso dos tratamentos moderados (T3, T4 e T5) variam de aproximadamente 12 cm a 22 cm, ou seja, um crescimento de 10 cm em três anos. Ao observar os tratamentos T3 (Moderado), T4 (Moderado-Leve) e T5 (Moderado-Moderado) demonstram uma pequena diferença entre si nesses primeiros anos, provavelmente por uma questão de sítio, já que têm a mesma intensidade na primeira intervenção.

Figura 6. Diâmetros dominantes de cada tratamento nos primeiros anos após primeiro e segundo desbaste separados em tratamentos leves (esquerda), moderados (centro) e pesados (direita) juntamente o incremento da variável.



Sendo: T0 = “Sem desbaste”; T1 = “Leve”; T2 = “Leve-Leve”; T3 = “Moderado”; T4 = “Moderado-Leve”. T5 = “Moderado-Moderado”; T6 = “Pesado-Moderado”; T7 = “Extremo”.

Fonte: Autora (2024).

Já quando comparados a um desbaste mais intenso (T6 e T7), os crescimentos iniciais do plantio apresentam maior variação, partindo de 12 cm e alcançando cerca de 25 cm, ultrapassando 10 cm nos primeiros anos e crescendo cerca de 4,3 cm por ano até os 7 anos. Assim como para os tratamentos moderados, há uma pequena diferença entre os tratamentos no

primeiro ano de análise, mas nesse caso, logo após o primeiro desbaste é possível notar uma resposta imediata do tratamento T7 (Extremo) à retirada de todas as árvores competidoras, o que é confirmado entre o 5º e 6º ano quando o tratamento ultrapassa o crescimento do T6 (Pesado-Moderado).

Além disso, ao comparar o tratamento T0 (Sem desbaste) é possível destacar que apesar de começar igual aos demais tratamentos, ao longo dos anos pode-se observar que está se afastando dos tratamentos leves, isso pode indicar que mesmo com um desbaste leve há uma diferença em comparação a não realizar desbastes desde a primeira intervenção. Outra observação é a uma diferença do crescimento dos diâmetros a partir dos 6 anos de idade, onde o crescimento é mais lento do que nos anos anteriores para todos os tratamentos.

Segundo Nicoletti et al. (2021) ao analisar quatro espécies do gênero *Pinus* no município de Correia Pinto (SC) observaram que a partir do quarto ano de idade as espécies apresentaram uma diminuição no crescimento, ou seja, indicando que a competição entre as árvores já havia começado. Os autores ainda destacaram que para a variável diâmetro médio o primeiro desbaste por baixo aos 11 anos, favoreceu o crescimento a partir do segundo ano pós desbaste, e que as taxas de crescimento a partir do segundo ano passaram para aproximadamente 30% nas espécies. Esses resultados não são observados nesse caso, possivelmente pela antecipação da primeira intervenção e pelo método de desbaste, além de estar sendo comparada a variável de diâmetro dominante que melhor reflete a competição.

Já segundo Dobner Jr (2014), também considerando um plantio de *Pinus taeda* com diferentes intensidades de desbaste no planalto sul do Brasil, quando aplicado desbaste em um povoamento com 5 anos de idade e cerca de 32 m² ha⁻¹ de área basal, somente é observado um aumento imediato no crescimento em diâmetro das árvores potenciais com a remoção de 2 ou mais árvores concorrentes. Nesse caso podem ser considerados todos os tratamentos moderados e pesados, os quais um ano depois já atingem aproximadamente 15 cm, diferentemente dos demais.

Ao comparar os primeiros anos da floresta após o segundo desbaste, entre 7 e 10 anos, o tamanho dos diâmetros dominantes demonstram menor crescimento quando comparado logo após o primeiro desbaste. Como comentado anteriormente, o tratamento “Sem desbaste” demonstra ainda mais diferença dos demais a partir desse segundo desbaste, principalmente dos tratamentos com intensidades maiores.

A Figura 6 ainda demonstra que após o segundo desbaste aos 7 anos, os tratamentos leves cresceram cerca de 6 cm até o décimo ano, assim como os desbastes moderados T3 e T4,

chegando a 27 cm de diâmetro, crescendo aproximadamente 2,9 cm por ano na média dos tratamentos moderado. No tratamento “Moderado-Moderado” (T5) esse valor foi um pouco maior, crescendo cerca de 3,4 cm por ano. A retirada de mais 2 árvores competidoras impulsionou imediatamente seu crescimento em comparação com os demais tratamentos moderados. Os tratamentos T3 (Moderado) e T4 (Moderado-Leve) continuam crescendo de paralelamente, considerando a mesma variação do início do experimento.

Ao observar os tratamentos mais intensos, seu crescimento chega a 3,4 cm por ano e valor do diâmetro dominante chega a ser maior em cerca de 10 cm de desbastes leves e 5 cm de desbastes moderados no décimo ano de plantio, observando-se, para o tratamento “Extremo” (T7), 35 cm de diâmetro. Já o T6 encontra-se aproximadamente 3 cm de diâmetro abaixo do T7 aos 10 anos, indicando que o segundo desbaste aplicado não influenciou de forma expressiva nas árvores remanescentes. Segundo Dobner Jr (2014) árvores sujeitas a desbastes pesados apresentam os maiores incrementos por, pelo menos, 10 anos após a primeira intervenção, assim como observado nesse trabalho. O autor ainda encontrou aumentos no crescimento diamétrico de 60% imediatamente após desbastes pesados, em comparação com o incremento de árvores em povoamentos não desbastados. Nesse trabalho foi observado um aumento de 40%, essa diferença pode ocorrer devido a diferentes idades avaliadas.

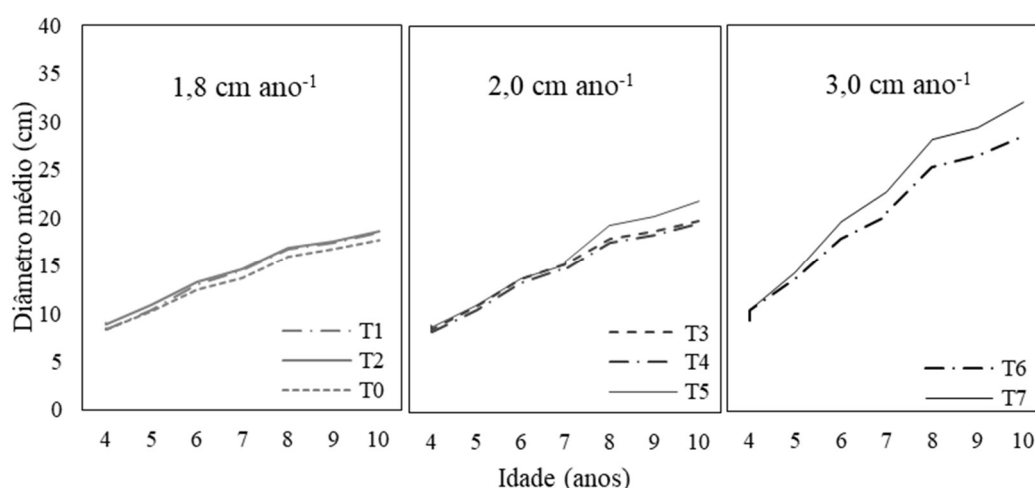
Para essa mesma variável, em povoamento de *Pinus taeda* com 11 anos de idade, Elesbão e Schneider (2011) encontraram valores próximos de 33,4 cm em uma floresta com apenas um desbaste. Segundo os autores, a execução de um primeiro desbaste foi decisiva para obtenção de diâmetros maiores na floresta, e um segundo desbaste agrega ainda mais volume na floresta. Nesse caso, para os tratamentos pesados esse valor foi atingido aos 10 anos de idade.

Ainda observando os dados de área basal comparados ao diâmetro dominante é possível notar que após desbastes pesados as florestas demonstram diferenças significativas após 2 anos do desbaste, como foi para o T5 aos 9 anos, T6 e T7 aos 6 anos. Além disso, quando a floresta apresenta desbastes leves ou moderados ela pode ser comparada a uma floresta “Sem desbaste” nos primeiros anos, demonstrando baixo crescimento de diâmetro médio ou dominante. Porém quando aplicado um desbaste forte em uma floresta ainda jovem, seu crescimento em diâmetro se destaca, como é o caso do tratamento T5.

A Figura 7 compara os diâmetros médios por tratamento, avaliando os primeiros anos após os desbastes aos 4 e 7 anos. Após o primeiro desbaste os valores dos tratamentos leves (T1 e T2) variaram de 9 cm para 14 cm, chegando aos 7 anos com 1 cm de diferença que o tratamento “Sem desbaste”. No caso dos tratamentos moderados, logo após o primeiro desbaste

todos continuaram com valores muito parecidos até os 7 anos, partindo de 9 cm e atingindo 15 cm aos 7 anos de idade.

Figura 7. Diâmetro médio de cada tratamento nos primeiros anos após primeiro e segundo desbaste separados em tratamentos leves (esquerda), moderados (centro) e pesados (direita), e comparação pelo teste de Scott-Knott e o incremento da variável.



Sendo: T0 = “Sem desbaste”; T1 = “Leve”; T2 = “Leve-Leve”; T3 = “Moderado”; T4 = “Moderado-Leve”. T5 = “Moderado-Moderado”; T6 = “Pesado-Moderado”; T7 = “Extremo”.

Fonte: Autora (2024).

Os tratamentos pesados apresentaram diferenças nos diâmetros a partir do sexto ano, ou seja, ambos partiram de 9 cm de diâmetro aos 4 anos, mas ao atingir a idade do segundo desbaste o tratamento T6 (Pesado-Moderado) alcançou 20 cm de diâmetro médio e o tratamento T7 (Extremo) chegou a alcançar 23 cm, aumentando seu diâmetro em 250%.

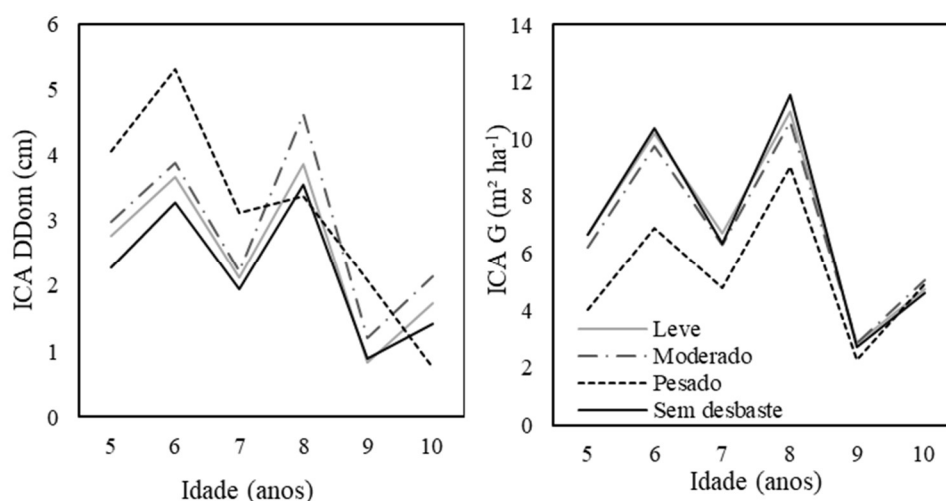
Para essa variável, os tratamentos que não diferenciaram entre si foram o T3 e T4, sendo o “Moderado” e “Moderado-Leve”, com cerca de 20 cm. Além desses, os tratamentos “Leve” e “Leve-Leve” também não mostraram diferença entre si, com valores de 18 cm, apenas 1 cm a mais que o T0 aos 10 anos, crescendo cerca de 1,8 cm por ano.

O tratamento T5 (Moderado-Moderado), único entre os moderados que se diferenciou, começou a demonstrar crescimento diferente os demais a partir do oitavo ano e atingiu o valor de 22 cm de diâmetro aos 10 anos. Já para os tratamentos pesados, o “Pesado-Moderado” alcançou o valor de 28 cm e o tratamento “Extremo” chegou a 32 cm de diâmetro aos 10 anos, ambos aumentando na média de 3 cm por ano.

Outra questão que pode ser observada é a estagnação de crescimento em diâmetro médio quando o valor de área basal na floresta é maior que $30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, indicando a presença de competição. O comportamento do tratamento T5 (Moderado-Moderado) entre os 7 e 9 anos ilustra essa informação, pois aos 7 anos a área basal é rebaixada a cerca de 33 para $20 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ mas recupera para $30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ aos 9 anos, apresentando o salto no seu crescimento em diâmetro médio e voltando a manter um crescimento paralelo aos demais tratamentos moderados.

A Figura 8 ilustra o Incremento Corrente Anual das variáveis de diâmetro dominante e área basal, considerando uma média dos tratamentos “Leve”, “Moderado” e “Extremo”. Logo após o primeiro desbaste ambas as variáveis apresentam um aumento de incremento até aos 6 anos de idade, momento em que a área basal atinge 29, 26 e $16 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente para “Leve”, “Moderado” e “Extremo”.

Figura 8. Incremento Corrente Anual (ICA) do diâmetro dominante e Incremento Corrente Anual (ICA) de área basal até os 10 primeiros anos do plantio.



Fonte: Autora (2024).

Ainda segundo Assmann (1970) apud Schneider (2012) povoamentos jovens podem responder mais a melhoria das condições na floresta, devido à redução na competição entre as árvores e, conseqüentemente, ocasionará um aumento no crescimento em volume, variável diretamente proporcional ao diâmetro. O autor chamou esse processo de “aceleração do processo natural de crescimento” que provoca a antecipação do culmínio do incremento corrente em volume, nesse trabalho observado pelo diâmetro dominante (DOBNER JR, 2014). Mas Assmann (1970) apud Schneider (2012) observou que após esse efeito ocorre o declínio

do incremento, assim como ocorreu para este trabalho nos demais anos para o diâmetro dominante, mesmo com um novo desbaste aos 7 anos de idade.

Os 7 anos, antes do desbaste esses mesmos valores são de 36, 33 e 21 m² ha⁻¹. Imediatamente após o segundo desbaste a floresta apresentam um aumento de incremento até os 8 anos, a partir dessa idade inicia novamente a queda ao atingir 44, 36 e 26 m² ha⁻¹, respectivamente para “Leve”, “Moderado” e “Extremo”.

Ao observar os resultados a partir da idade 7 o incremento em diâmetro dos tratamentos leves e moderado ultrapassam o tratamento “Extremo” que apresenta uma diminuição abrupta. Logo após o segundo desbaste os valores de ICA em diâmetro dominante para os tratamentos leves e moderados sofreram mais influência do que os tratamentos pesados.

Entre os 8 e 10 anos o incremento em área basal do tratamento “Pesado-Moderado” apresenta uma tendência a se igualar aos demais tratamentos, quando atinge o valor de aproximadamente 26 m² ha⁻¹. O valor do incremento em área basal é igualado exatamente no momento em que os tratamentos “Extremo” atingem o valor médio é de 33 m² ha⁻¹ (Figura 4) aos 10 anos.

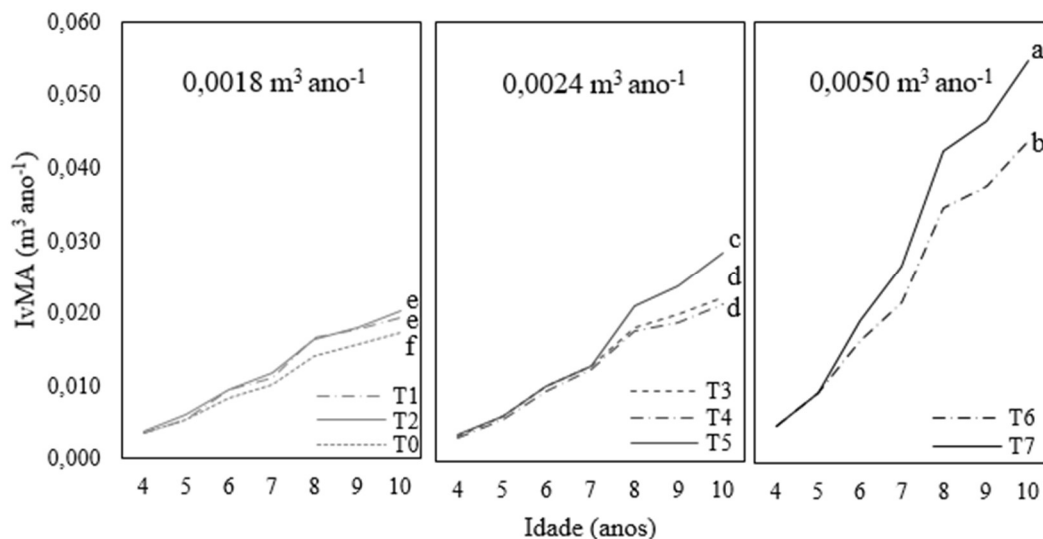
Além disso, pode-se concluir também que aproximadamente dois anos após o primeiro desbaste a floresta demonstra um aumento em seu incremento para as duas variáveis, mas no segundo desbaste esse aumento ocorre apenas um ano depois atingindo valores um pouco mais altos e em seguida demonstra uma queda. Ainda, esse resultado demonstra que a floresta respondeu mais ao segundo desbaste considerando tratamentos leves e moderados, que para os pesados, que inicialmente devido a intervenção ser extrema apresentou um pico de desenvolvimento. Três anos após o desbaste a floresta apresenta um aumento novamente no seu incremento, mas com uma tendência de estagnação, conforme explicado por Assmann (1970) apud Schneider (2012).

Schneider (1986) explicou que o aumento significativo da área basal é relacionado ao número de árvores por hectare, isso faz com que ao atingir o ponto de competição entre as árvores, ocorra a redução no crescimento seguida pela estagnação. Isso pode ser explicado devido a diminuição na superfície da copa das árvores, o que ocasiona a redução do incremento diamétrico e do incremento em área basal.

Com as influências dos dois desbastes iniciais no plantio é possível observar o aumento do valor do incremento em volume médio individual principalmente nos tratamentos que apresentam uma intensidade de desbaste maior, chegando a triplicar o incremento para essa variável (Figura 9). Ou seja, a retirada de volume de madeira no desbaste favorece o

crescimento das árvores remanescentes, sendo importante principalmente quando deseja-se atingir um mercado de toras grossas em um ciclo menor.

Figura 9. Incremento médio anual até os 10 anos do experimento conforme o volume médio individual separados em tratamentos leves (esquerda), moderados (centro) e pesados (direita), e comparação pelo teste de Scott-Knott e o incremento da variável.



Sendo: T0 = “Sem desbaste”; T1 = “Leve”; T2 = “Leve-Leve”; T3 = “Moderado”; T4 = “Moderado-Leve”. T5 = “Moderado-Moderado”; T6 = “Pesado-Moderado”; T7 = “Extremo”.

Fonte: Autora (2024).

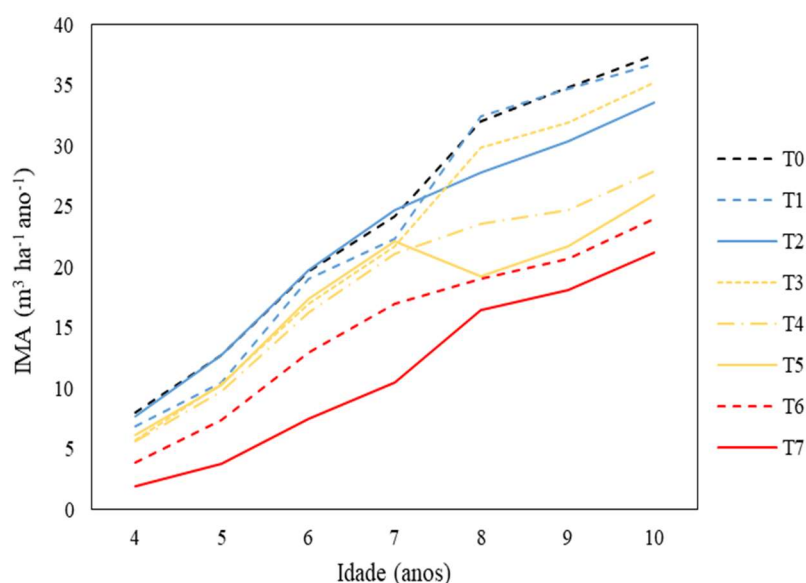
Desta forma, conforme os resultados dos incrementos é possível confirmar que, mesmo que a intervenção seja feita com intensidade leve, há diferença significativa ao comparar com plantios sem desbastes. Tratamentos moderados demonstram diferenças significativas com relação à tratamentos leves assim como destacou Dobner Jr (2014).

Ainda, assim como no diâmetro médio e dominante, o tratamento T5 (Moderado-Moderado) se diferenciou dos demais tratamentos moderados pela retirada de duas árvores concorrentes nos dois desbastes aplicados. Além de apresentam um aumento de aproximadamente 100% no incremento com relação ao T0 (Sem desbaste). Considerando o teste de Scott-Knott, os resultados para os tratamentos na variável diâmetro médio e Incremento Médio Anual para volume individual foram equivalentes na idade de 10 anos, o que pode demonstrar uma maior relação desse incremento com o diâmetro médio que em relação ao dominante.

No caso dos dois tratamentos com intensidades pesadas (T6 e T7), os mesmos demonstraram diferença significativa entre si, ou seja, ao realizar um desbaste “Extremo” já na primeira intervenção aos 4 anos, o plantio demonstra alto crescimento ao longo de pelo menos 6 anos indicando um aumento de ~250% ao comparar com plantios sem desbaste. O T6 (Pesado-Moderado) demonstrou um aumento de 200% no incremento com relação ao T0. Ou seja, as florestas com desbastes iniciais pesados contam com um volume individual maior, e devido à baixa competição entre as árvores, crescendo cerca de 0,005 m³ por ano.

Ao contrário o volume médio individual, o incremento do volume por unidade de área, demonstrado na Figura 10, leva em consideração principalmente o número de árvores da floresta, devido a isso, nas idades iniciais os tratamentos mais intensos apresentam um volume total menor.

Figura 10. Incremento Médio Anual dos tratamentos até os 10 anos considerando o volume total da floresta.



Sendo: T0 = “Sem desbaste”; T1 = “Leve”; T2 = “Leve-Leve”; T3 = “Moderado”; T4 = “Moderado-Leve”; T5 = “Moderado-Moderado”; T6 = “Pesado-Moderado”; T7 = “Extremo”.

Fonte: Autora (2024).

Lima et al. (2013) para *Pinus taeda* em diferentes espaçamentos encontrou um incremento médio anual aos quatro anos de 1 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ no maior espaçamento e 10 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em plantios com 2 x 2 m. Foram encontrados valores próximos nesse trabalho para essa idade, sendo 2 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ logo após o primeiro desbaste para T7 e 8 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ nos

tratamentos leves. Já aos sete anos de idade, os autores encontraram valores entre $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o maior espaçamento e $39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o menor espaçamento ($1 \times 1 \text{ m}$), como nesse caso. Nessa idade o presente trabalho encontrou valores de $11 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para os tratamentos pesados e $24 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o tratamento “Sem desbaste”.

Considerado como uma exceção, o tratamento T3 (Moderado) demonstrou que aos 10 anos, retirando apenas duas árvores competidoras no primeiro desbaste aos 4 anos, já demonstra a possibilidade de recuperar o volume perdido pelo desbaste, aproximando-se do tratamento “Sem desbaste”. Dobner Jr (2014) destacou que com a remoção de uma árvore concorrente após pelo menos dois desbastes consecutivos, aumenta-se de maneira significativa o crescimento quando comparado a povoamentos não desbastados ao final do ciclo. Porém como observado, a remoção de duas árvores competidoras demonstra resultados a curto prazo do crescimento em volume da floresta.

Shimizu et al. (1981), ao testar procedências de *Pinus taeda*, levando em conta um espaço vital de $6 \text{ m}^2 \text{ árv}^{-1}$, verificaram que aos seis anos de idade o incremento médio anual volumétrico ficou entre 5 e $27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, assim como os valores para este trabalho, que variam de 5 e $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Dobner Jr (2014) aos 10 anos encontrou incremento de volume de aproximadamente $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ tanto para “Sem desbaste” quanto para tratamentos moderados, e 54 e $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para tratamentos pesados.

Segundo Elesbão e Schneider (2011) os incrementos significativos, resultantes da execução dos desbastes produzem uma redução na produção volumétrica, que deve ser compensada pelo valor econômico agregado aos produtos com maior dimensão. Porém, ao contrário da conclusão do seu resultado, nesse caso, a aplicação do desbaste após 3 anos do primeiro demonstrou efeitos positivos com relação ao incremento de volume individual. Já considerando os diâmetros essa diferença entre o primeiro e segundo desbaste não é tão evidente quanto no incremento.

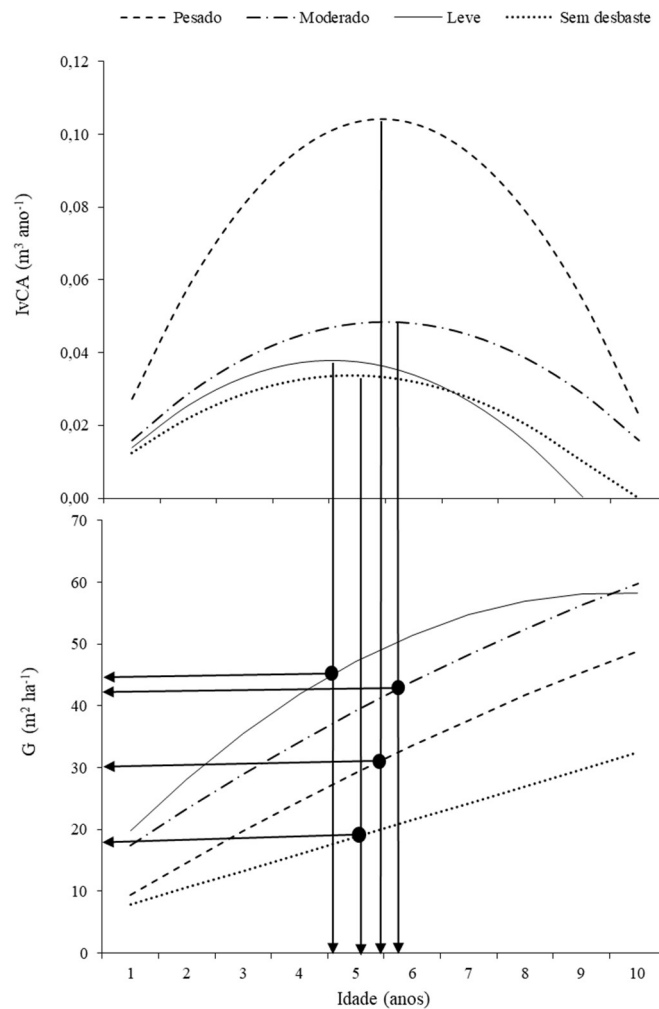
Segundo Clark III & Saucier (1991), os nutrientes são considerados fator limitante no crescimento de madeira juvenil e para o início do fechamento do dossel, que ocorre por volta dos seis anos de forma mais expressiva. Isso pode explicar a leve estagnação do crescimento em diâmetro em todos os tratamentos próximos a esse período. Porém, da mesma forma, é possível comparar que mesmo com essa diminuição do crescimento em diâmetro, um desbaste pesado aos 4 anos favorece o desenvolvimento da floresta devido a impossibilitar esse fechamento do dossel, permitindo aumento de madeira juvenil.

Os tratamentos T0 e T1, “Sem desbaste” e “Leve” chegam aos 10 anos com o mesmo valor de incremento da floresta ($\sim 36 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) seguido pelo tratamento T3 (Moderado) o qual está acima do tratamento “Leve-Leve” (T2), com 34 e $32 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. O tratamento T4 (Moderado-Leve) está acima do T5 (Moderado-Moderado) cerca de $1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, este que após o segundo desbaste teve uma queda no incremento, se aproximando ao T6 (Pesado-Moderado) aos 8 e 9 anos, mas agora demonstra uma recuperação no volume. Os tratamentos pesados (T6 e T7) estão com valores próximos a $23 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $21 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

No trabalho de Dobner Jr (2014) ao considerar diferentes intensidades de desbaste aos 5, 7 e 10 anos para uma floresta de *Pinus*, separou os tratamentos em “Sem desbaste”, “Moderado” retirando 400 árv ha^{-1} em cada idade, “Pesado-Moderado” retirando 800 árv ha^{-1} no primeiro e 400 árv ha^{-1} nos demais e no “Extremo” todas as competidoras os 5 anos e aos 10 anos 1 cada 3 árvores. O autor observou que entre as idades de 5 e 10 anos nenhuma redução de área basal foi capaz de produzir tanto volumes quanto uma floresta sem intervenção, mas para seu estudo o tratamento “Moderado” ainda produziu cerca de 95% do volume do tratamento “Sem desbaste”. Assim como para este trabalho, ao remover uma árvore concorrente, como os tratamentos leves, não há comprometimento com o volume total de produção para essas idades.

Com o objetivo de encontrar os valores de área basal que apresentam os incrementos máximos em volume foram confrontadas ambas variáveis juntamente com a respectiva idade (Figura 11). Os dados foram separados em “Leve”, “Moderado” e “Pesado” utilizando os valores médios para cada intensidade considerando o primeiro e segundo desbaste. Ao observar o momento do pico do IvCA (linhas na cor cinza e eixo primário) foram determinadas as faixas de área basal (linhas pretas e eixo secundário) para cada intensidade de desbaste considerando os dois valores mais altos de incremento.

Figura 11. Incremento corrente anual em volume individual e área basal com relação a idade.



Fonte: Autora (2024).

No caso dos tratamentos “Leves” foi observado que o incremento máximo é encontrado quando a área basal fica entre 42 e 47 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, atingindo 0,038 m^3 na idade entre 4 e 5 anos. Os tratamentos “Moderados” chegaram ao seu máximo incremento de 0,048 m^3 próximo a 5 e 6 anos no momento em que a área basal era de 39 e 44 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$. Já o tratamento “Pesado” atingiu o incremento máximo (0,103 m^3) no momento que a área basal ficou entre 29 e 33 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, da mesma forma que os “Moderados” entre 5 e 6 anos de idade.

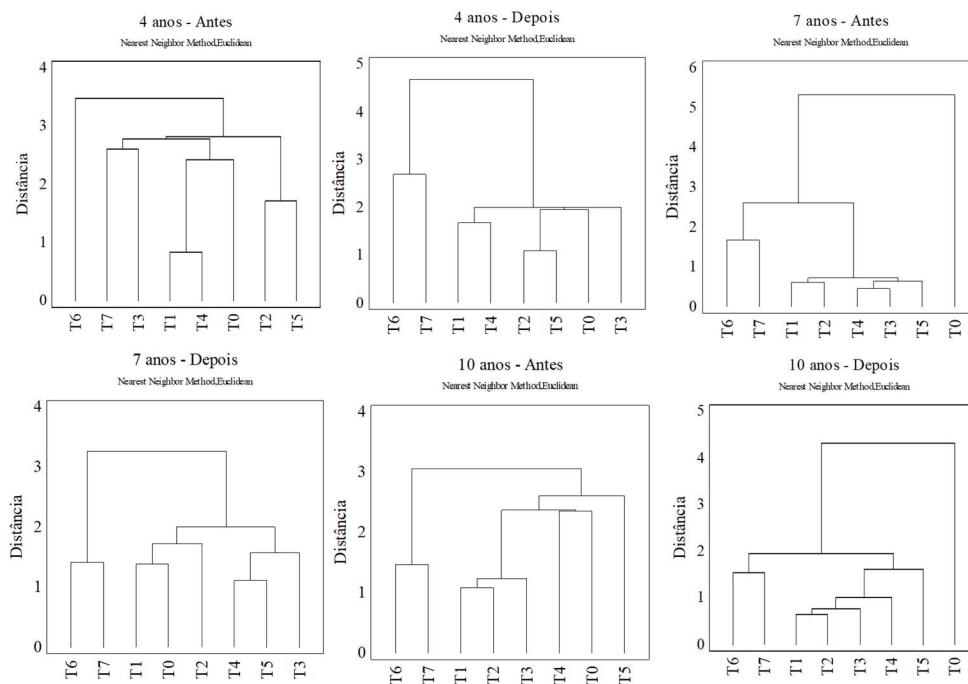
É possível observar que há diferentes faixas ideais de área basal para o desenvolvimento em volume de um indivíduo de pinus, considerando as diferentes intensidades de desbaste. No caso de tratamentos com desbastes “Leves” o incremento é atingido mais cedo que os demais, devido ao valor de área basal não ser tão afetada pelo desbaste e alcançando valores altíssimos de área basal no momento do máximo incremento. Os tratamentos moderados chegaram no pico

do seu crescimento também em valores de área basal altos, mas demoraram um pouco mais para atingir o pico de crescimento devido ao segundo desbaste aos 7 anos e intensidade moderada no desbaste. Conforme mencionado anteriormente, os segundos desbastes com essa intensidade mantem o crescimento em volume, o que explica o motivo de a queda em incremento não ser abrupta nesse caso.

Já no caso dos tratamentos pesados pode ser observado que a idade do máximo incremento em volume é alcançada um pouco antes que os tratamentos moderados. Além disso, após atingir valores baixos de área basal seu volume cresce de maneira expressiva, bem como é o declínio do incremento após esse desbaste intenso, e que não é tão influenciado pelo desbaste que ocorre aos 7 anos.

A fim de caracterizar os resultados dos tratamentos, foi desenvolvido um dendrograma pela análise de Cluster para cada idade de desbaste, antes e depois da intervenção, considerando o método do vizinho mais próximos e euclidiano. A Figura 12 demonstra todos os resultados, indicando a idade de momento da intervenção nos títulos de cada gráfico, considerando as variáveis dendrométricas.

Figura 12. Dendrogramas das multivariadas pela análise de Cluster para as idades 4, 7 e 10 anos antes e depois do desbaste.



Sendo: T0 = “Sem desbaste”; T1 = “Leve”; T2 = “Leve-Leve”; T3 = “Moderado”; T4 = “Moderado-Leve”. T5 = “Moderado-Moderado”; T6 = “Pesado-Moderado”; T7 = “Extremo”.

Fonte: Autora (2024).

No primeiro momento de avaliação, aos 4 anos antes do desbaste é possível identificar que todos os tratamentos apresentavam pouca diferença entre si, sendo os que apresentavam menores distâncias os tratamentos T1 (Leve) e T4 (Moderado-Leve), ficando mais próximos de 1. Os tratamentos T2 (Leve-Leve) e T5 (Moderado-Moderado) são os segundos mais próximos, chegando próximo de 2. E os demais tratamentos apresentam valores mais próximos de 3. Já logo após a intervenção é possível identificar a formação de dois grupos: os tratamentos pesados (T6 e T7) e os leves (T1 e T2), moderados (T3, T4 e T5) e “Sem desbaste” (T0), conforme identificou o teste estatístico para a variável diâmetro dominante na mesma idade.

Após 3 anos da primeira intervenção, a principal diferença entre os tratamentos foi a separação do tratamento T0 (Sem desbaste) dos tratamentos leves e moderados. Além disso destaca-se o aumento na diferença dos tratamentos pesados em comparação aos demais. Após o desbaste, o tratamento “Sem desbaste” demonstra menor distância do T1 (Leve) devido a não ter passado pelo segundo desbaste e T2 (Leve-Leve) pelo primeiro desbaste ser leve, diferenciando-se dos demais. Os tratamentos moderados se mantiveram juntos, formando outro grupo, mas demonstrando mais similaridade com os tratamentos leves que os pesados, os quais continuam em um grupo separado.

Novamente após 3 anos, no décimo ano da floresta, os tratamentos pesados continuam formando um grupo separado dos demais. Os tratamentos T1 e T2 apresentam menores diferenças entre si, formando um grupo com o T3. O “Sem desbaste” apresenta aproximadamente mesma distância do T4 e do grupo dos leves com o T3. E o T5 encontra a menor distância nos tratamentos T4 e T0. Logo após o desbaste, na mesma idade, novamente o tratamento T0 se diferencia dos demais devido a todos passarem pelo terceiro desbaste, sendo identificado, nessa situação são formados 3 grupos: tratamentos pesados, tratamento sem desbaste e dos tratamentos leves e moderados.

Segundo Schneider (1993) o diâmetro e a área basal da árvore são parâmetros diretamente afetados pelo número de árvores da floresta e logo após um desbaste as árvores de classe diamétrica podem ingressar em classes diamétricas superiores, devido a isso os resultados dos dendrogramas são tão influenciados pelos desbastes. Segundo Schneider e Finger (1993) a altura dominante não foi influenciada pela intensidade de desbaste, mas a partir da idade de 17 anos seus resultados apresentaram uma mudança na tendência das curvas de alturas dos tratamentos, já no caso da altura média a variável se demonstrou influenciada pelas intensidades de desbaste.

Leite, Nogueira e Moreira (2006) concluíram que os espaçamentos influenciam a tendência de crescimento das variáveis altura total, área basal por hectare, diâmetro quadrático, em volume individual e em volume por hectare. Lisita et al. (1997) constataram que a produção em volume tende a ser menor quando ocorre níveis de redução de área basal mais intensos. Porém, quanto maior a redução da área basal, maior a concentração da produção nas maiores classes de diâmetro, demonstrando que o efeito dos desbastes sobre o crescimento diamétrico é diretamente proporcional a sua intensidade.

5.4. CONCLUSÃO

O desbaste “Extremo” em comparação ao tratamento “Sem desbaste”, representa um aumento de 40% do diâmetro dominante. Já com relação ao incremento em volume individual esse aumento chega a 300%. O máximo Incremento Médio Anual para o volume individual foi encontrado aos 10 anos no tratamento “Extremo” retirando todas as árvores competidoras e mantendo apenas 400 árv ha⁻¹.

Considerando desbastes de intensidade leve, a área basal que atinge o maior incremento em volume, foi de 45 m² ha⁻¹ na idade entre 4 e 5 anos, logo após o desbaste. Para os tratamentos moderados e pesados esse valor foi atingido entre os 5 e 6 anos, com área basal variando de 41 m² ha⁻¹ e, para os moderados e para os pesados 30 m² ha⁻¹. Apesar da pouca diferença na idade é observado que o tratamento moderado atinge o máximo incremento depois que o pesado.

O manejo moderado permite que a floresta continue se desenvolvendo em áreas basais mais altas e possibilitando atrasar um pouco ainda a próxima intervenção, sem influenciar na queda do incremento.

CAPÍTULO II

VIABILIDADE ECONÔMICA DE DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTE SELETIVO ALTO EM UMA FLORESTA DE *Pinus taeda* L.

RESUMO

O estudo teve como objetivo analisar variáveis dendrométricas e viabilidade econômica de uma floresta da *Pinus taeda* considerando quatro idades de corte raso, submetidas a diferentes intensidades de desbastes. Os tratamentos passaram por até de 6 desbastes, dependendo do tratamento. Os dados foram obtidos por inventários florestais realizados ao longo do ciclo produtivo e, para as idades em que não se tinha medições, realizou-se estimativas das variáveis dg e altura total pelo modelo de Chapman-Richards. Foram avaliadas as variáveis dendrométricas como o diâmetro médio quadrático, altura total, volume individual, volume total por hectare e incremento médio anual. Além disso, foi desenvolvida a análise econômica, avaliando valores VET para os diferentes ciclos de corte considerando mercado diversificado, além da produção em volume total para cada tratamento. Foram avaliadas as idades de corte raso de 20, 25, 30 e 35 anos, devido a serem mais próximas das utilizadas por produtores florestais atualmente. A intensidade de desbaste que resultou em maior desenvolvimento da floresta para um manejo clearwood e possibilitou um maior retorno econômico foi o tratamento Moderado-Moderado aos 35 anos. Ou seja, retirando duas árvores competidoras aos 4 e 7 anos e 1 a cada 2 potenciais aos 10 e aos 13 anos e aos 29 retirando 1 a cada 5 potenciais, por fim, mantendo para o corte raso entre 400 a 250 árv ha⁻¹.

Palavras chaves: Ciclos de corte; Projetos florestais; Manejo florestal.

ABSTRACT

The study aimed to analyze dendrometric variables and economic viability of a *Pinus taeda* forest considering four clear-cut ages, subjected to different thinning intensities. The treatments underwent approximately 6 thinnings, depending on the treatment. The data were obtained from forest inventories carried out throughout the production cycle and, for ages in which measurements were not available, estimates of the variables dg and total height were made using the Chapman-Richards model. Dendrometric variables such as quadratic mean diameter, total height, individual volume, total volume per hectare and average annual increment were evaluated, in addition, the economic analysis was and developed, evaluating infinite NPV values for the different cutting cycles considering a diversified market, in addition to full volume production for each treatment. Clearcutting ages of 20, 25, 30 and 35 years were evaluated, as they are closer to those currently used by forestry producers. The thinning intensity that resulted in the forest's optimal development for clearwood management and provided the highest economic return was the Moderate-Moderate treatment at 35 years. This involved removing two competing trees at 4 and 7 years, one every 2 potentials at 10 and 13 years, and one every 5 potentials at 29 years. Finally, maintaining a stand density of 400 to 250 trees ha⁻¹ for clear-cutting.

Keywords: Cutting cycles; Forest projects; Forest management.

6.1 INTRODUÇÃO

A exploração das florestas reduziu significativamente a cobertura florestal nativa do sul do Brasil nas primeiras décadas do século XX, devido à ausência de alternativas de matérias-primas economicamente viáveis houve um aumento da demanda por estes recursos (LAGOS; MULLER, 2007). Segundo Valverde (2005), entre 1966 e 1986, a política de incentivos fiscais ao reflorestamento (Lei 5.106/1966) proporcionou crescimento significativo dessa atividade no país, sendo as espécies de *Pinus* e *Eucalyptus* que se destacaram entre as demais nas regiões sul e sudeste do país devido ao rápido crescimento, à qualidade da madeira e adaptação ao clima e solo. Com a demanda crescente por matéria prima em florestas plantadas o desenvolvimento dos plantios florestais se tornou atraente para investimentos (MOREIRA et al., 2014).

Os produtos das florestas são destinados à produção de celulose, lenha, serrados, carvão vegetal, painéis industrializados e compensados (ABRAF, 2012). A espécie *Pinus taeda* L. em

sua grande maioria, é cultivada em ciclos de produção mais longos com cerca de 15-20 anos de duração, com a finalidade de abastecer indústrias de laminadoras e serrarias, celulose e painéis reconstituídos.

Para determinar o ciclo da floresta e qual serão os produtos estimados é necessário conhecer a capacidade produtiva da espécie em um determinado sítio. Segundo Campos e Leite (2013) ao avaliar a relação entre altura dominante e a idade é possível determinar a capacidade produtiva do sítio, valor que é conhecido como índice de sítio.

Além disso, visando a obtenção de multiprodutos florestais, os produtores devem arcar com os custos mais expressivos nos primeiros períodos da implantação da floresta, com as atividades de preparação da área, plantio, combate de pragas e mato competição. A redução dos custos inicia quando as árvores alcançam altura suficiente para as plantas daninhas não representarem ameaças, reduzindo a frequência e intensidade das atividades de manutenção. Por outro lado, as receitas ocorrem nos períodos intermediário e final do projeto com as colheitas, considerando a aplicação de desbastes na floresta e no corte final, onde as árvores têm maior porte, gerando receitas significativamente superior (SOUZA et al, 2007).

Ao considerar a viabilidade da implantação de uma floresta, deve ser realizada uma análise econômica de projetos florestais. Essa análise é baseada em indicadores financeiros, os quais são obtidos com a construção de fluxos de caixa descontados, por exemplo o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), e o Valor Esperado da Terra (VET) (SCOLFORO et al., 2001; VITALE; MIRANDA, 2010; DOBNER JR; QUADROS, 2019).

Este capítulo tem como objetivo encontrar a intensidade de desbaste que resulte em maior desenvolvimento de uma floresta de 40 anos de *Pinus taeda* para um manejo clearwood, possibilitando um maior retorno econômico ao longo do tempo e ainda a definição da melhor idade de ciclo levando em consideração o crescimento e viabilidade econômica.

6.2 METODOLOGIA

6.2.1. ÁREA DE ESTUDO E DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

As características da área de estudos e detalhes do experimento já foram apresentadas no capítulo I, itens 5.2.1. Neste capítulo, serão descritas apenas as análises pertinentes a metodologia específica deste conteúdo.

Além dos primeiros desbastes destacados no primeiro capítulo, foram aplicados nos tratamentos mais quatro desbastes, conforme destaca a Tabela 3. Aos 10 anos ocorreu o terceiro desbaste, retirando uma árvore competidora para os tratamentos leves, os tratamentos “Moderado” e “Moderado-Leve”, ou uma competidora a cada duas potenciais para os demais. No décimo terceiro ano da floresta foi feito mais um desbaste, retirando uma árvore competidora nos tratamentos “Leve” e “Moderado”, e uma a cada duas nos demais tratamentos, com exceção do tratamento “Extremo” sendo retirada uma a cada cinco árvores potenciais. Aos 18 anos, o desbaste foi realizando no tratamento “Leve” retirando uma competidora, nos tratamentos “Leve-Leve” e “Moderado” removendo uma a cada duas e no tratamento “Moderado-Leve” removendo uma a cada cinco. Já no último desbaste aos 29 anos, os tratamentos leves e “Moderado” e “Moderado-Leve” foram retiradas uma a cada duas potenciais e nas demais uma a cada cinco potenciais.

Tabela 3. Desbastes aplicados e número de árvores competidoras por árvore potencial removidas em cada tratamento.

Tratamento	4 anos	7 anos	10 anos	13 anos	18 anos	29 anos
Sem desbaste (T0)	-	-	-	-	-	-
Leve (T1)	1	-	1	1	1	0,5
Leve-Leve (T2)	1	1	1	0,5	0,5	0,5
Moderado (T3)	2	-	1	1	0,5	0,5
Moderado-Leve (T4)	2	1	1	0,5	0,2	0,5
Moderado-Moderado (T5)	2	2	0,5	0,5	-	0,2
Pesado-Moderado (T6)	4	0,5	0,5	0,5	-	0,2
Extremo (T7)	Todas	-	0,5	0,2	-	0,2

Fonte: Autora (2024).

6.2.2 MENSURAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

A mensuração florestal feita a partir do inventário florestal, sendo avaliadas as 16 parcelas de interesse do experimento, mensurando a circunferência a 1,30 m do solo (c) de todos os indivíduos das parcelas e altura total das árvores dominantes e 20% no número total de

árvores da parcela. O inventário florestal foi feito anualmente nos primeiros 19 anos, porém após a idade de 21 anos, os dados foram coletados apenas aos 29, 32, 34, 35, 38 e então aos 40 anos de idade.

Ao total considerando a repetição antes e depois do desbaste foram realizados 21 inventários florestais, os quais foram processados pelo suplemento FlorExel, no software Microsoft Excel, para identificação das variáveis dendrométricas por ano de medição.

As análises dos dados foram feitas considerando diferentes cenários de corte raso, com quatro diferentes idades. Nessas idades foram avaliadas as variáveis de diâmetro médio quadrático, volume individual, volume por hectare e incremento médio anual em volume por hectare.

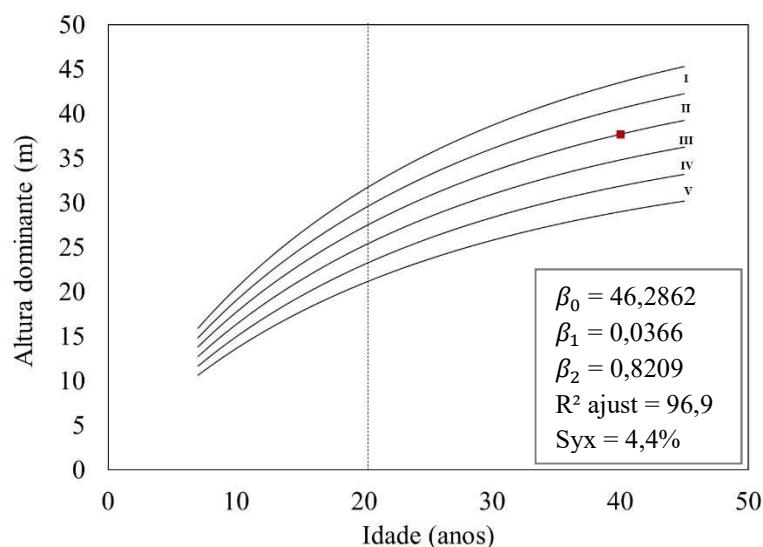
Conforme mencionado, em alguns anos não houve a mensuração pelo inventário florestal que fazem parte desta análise. Devido a essa limitação, foi ajustado o modelo de crescimento de Chapman-Richards para cada tratamento para possibilitar a estimativa das variáveis diâmetro médio quadrático (dg) e altura total para as demais idades. Esse modelo também foi aplicado para poder encontrar o índice de sítio da floresta em questão.

$$y = \beta_0(1 - e^{\beta_1 i})^{\beta_2}$$

Sendo: y = corresponde o dg ou a altura; β_0, β_1 e β_2 = coeficientes, e = exponencial, i = idade (anos).

Os valores do índice e sítio foram comparados as demais florestas plantadas na empresa, considerando uma idade índice de 20 anos. A Figura 13 demonstra os valores encontrados para a comparação com o índice das demais florestas da empresa proprietária da área.

Figura 13. Curvas de índice de sítio da empresa onde o ponto vermelho corresponde ao local do experimento.



Sendo: β_0, β_1 e β_2 = coeficientes; R^2 ajustado = coeficiente de determinação ajustado em porcentagem; Syx (%) = erro padrão da estimativa.

Fonte: Autora (2024).

A altura dominante na idade atual e também a linha na idade de 20 anos que é a idade índice para determinar o sítio, podendo-se observar que o índice de sítio para essa floresta é de aproximadamente 28m. Schuchovski, Arce e Oliveira (2019) encontraram valores de altura dominante na idade índice de 20 anos que variaram de 16 a 31 metros, em plantios de *Pinus taeda* com idades entre 3,7 e 33,2 anos em Jaguariaíva no Paraná, e Rio Negrinho em Santa Catarina, conforme encontrado nesse trabalho.

Além disso, foi considerada a avaliação econômica para quatro cenários de diferentes idades de corte raso (20, 25, 30 e 35 de idade), observando os valores de VET para uma TMA de 6%. Nas idades de corte raso de 30 e 35 anos foi considerado o volume retirado com o último desbaste aos 29 anos para avaliar os tratamentos. Para avaliar economicamente foram utilizados os custos de silvicultura, desde o preparo do solo até as podas, e os custos com os desbastes pela colheita, considerando ainda o custo do corte final da floresta, conforme demonstrados pela Tabela 4.

Tabela 4. Custos de cada atividade na sua respectiva idade.

Atividade	Idade (anos)	Custo
Preparo	0	4.000,00 R\$/ha
Tratos	1	1.000,00 R\$/ha

Tratos	2	760,00	R\$/ha
Tratos	3	650,00	R\$/ha
Poda	4	1.100,00	R\$/ha
Desbaste Pré Comercial	4	500,00	R\$/ha
Poda	5	1.200,00	R\$/ha
Poda	6	1.200,00	R\$/ha
Poda	7	800,00	R\$/ha
Desbaste	7 e 10	95,00	R\$/t
Desbaste	13, 18 e 29	75,00	R\$/t
Corte raso	20, 25, 30, 35	55,00	R\$/t
Administrativo	todos	400,00	R\$/ha

Fonte: Autora (2024).

Da mesma forma que os custos, foram utilizados os valores por sortimento da madeira para a conclusão da análise econômica. A Tabela 5 demonstra o diâmetro mínimo da ponta fina da madeira, o comprimento utilizado para cada sortimento e o respectivo valor aplicado.

Tabela 5. Diâmetro mínimo, comprimentos das toras e valores de cada sortimento.

Sortimento	d mín (cm)	Comp (m)	Valor (R\$ m³)	Sortimento	d mín (cm)	Comp (m)	Valor (R\$ m³)
LP08	45	2,15	854,00	LP01	20	1,9	286,00
LP07	41	2,15	745,00	TP05	43	2,6	550,00
LP06	41	2,15	784,00	TP04	33	2,6	480,00
LP05	33	2,6	574,00	TP03	25	1,9	350,00
LP04	33	2,15	604,00	TP02	20	1,9	230,00
LP03	25	2,6	504,00	TP01	12	1,9	165,00
LP02	25	2,65	504,00	MPP	6	2,4	120,00

Sendo: d mín= diâmetro da ponta fina da tora; Comp = Comprimento da tora; LP = Lâmina de Pinus; TP = Tora de Pinus; MPP = Madeira de Processo de Pinus.

Fonte: Autora (2024).

Os sortimentos são separados em madeira livre de nós, as LPs, e madeiras com nós, as TPs. Além disso, sortimentos com o mesmo diâmetro da ponta fina quando de final ímpar correspondem a segunda tora do sortimento anterior, por exemplo LP07 é a segunda tora livre de nós, sendo a primeira a LP08. Essa separação foi definida devido a segunda tora ser mais cilíndrica que a primeira, e principalmente pela altura da poda aplicada pela empresa onde a pesquisa está situada. Os valores para madeiras sem nós são referentes ao valor considerando a

madeira baldeada pela empresa até o pátio, mas as madeiras com nós são vendidas com o preço para carregar na área da colheita no estrato florestal.

É importante destacar, que os dados foram processados para um mercado diversificado, devido a idade de corte raso e tratos silviculturais aplicados pela empresa proprietária da área, que possibilita essa amplitude de sortimentos. Os valores aplicados para cada sortimento são os atuais com a data desse trabalho.

Para a obtenção dos volumes desses sortimentos foram utilizadas as integrais das equações de afilamento desenvolvidas a partir do ajuste do 5º de Schöpfer. Para cada tratamento e cada idade foram ajustados os modelos demonstrados pela Tabela 6.

Tabela 6. Equações utilizadas para a estimativa dos sortimentos conforme a idade do plantio.

Idade	Equação
1 - 12	$\frac{di}{d} = 1,1108 - 3,7795 \left(\frac{hi}{h}\right) + 17,4472 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 - 40,5195 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + 41,4061 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 - 15,7839 \left(\frac{hi}{h}\right)^5$
12 - 20	$\frac{di}{d} = 1,1427 - 4,2202 \left(\frac{hi}{h}\right) + 20,9832 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 - 48,7201 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + 49,2128 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 - 18,4838 \left(\frac{hi}{h}\right)^5$
20 - 22	$\frac{di}{d} = 1,0793 - 3,8243 \left(\frac{hi}{h}\right) + 19,5549 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 - 47,7146 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + 51,0183 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 - 20,4055 \left(\frac{hi}{h}\right)^5$
22 - 28	$\frac{di}{d} = 1,0781 - 3,7630 \left(\frac{hi}{h}\right) + 17,5093 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 - 39,0602 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + 38,5406 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 - 14,3831 \left(\frac{hi}{h}\right)^5$
28 - 30	$\frac{di}{d} = 1,0539 - 3,2025 \left(\frac{hi}{h}\right) + 14,5226 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 - 31,6045 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + 30,0469 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 - 10,8075 \left(\frac{hi}{h}\right)^5$
>30	$\frac{di}{d} = 0,9745 - 1,5146 \left(\frac{hi}{h}\right) + 6,7009 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 - 15,3376 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + 14,0749 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 - 4,9111 \left(\frac{hi}{h}\right)^5$

Sendo: hi=altura da seção; h = altura total; di= diâmetro da seção; d=diâmetro na altura do peito.

Fonte: Autora (2024).

No caso das idades em que o povoamento não foi inventariado, os valores de d e altura das equações de afilamento da Tabela 6, foram utilizados os diâmetros médios quadráticos e alturas totais estimadas pela equação de Chapman Richards. As extrapolações por hectare foram realizadas pela multiplicação com o número de árvores por hectare mais próximo daquela idade, representando o povoamento na idade em questão.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação de Chapman-Richards foi utilizada para gerar as estimativas tanto dos diâmetros médios quadráticos quanto nas alturas nas idades que não tiveram os dados mensurados. A Tabela 7 demonstra os dados dos coeficientes e parâmetros R^2 ajustado e erro da estimativa (Syx).

Tabela 7. Coeficientes e parâmetros dos ajustes do modelo de Chapman-Richards para a variável diâmetro médio quadrático e altura total.

Variável	Tratamento	β_0	β_1	β_2	R^2 ajust (%)	Syx (%)
dg	T0	40,5776	0,0404	0,74716	99,5	2,4
	T1	86,1633	0,0158	0,7863	99,5	3,2
	T2	56,8972	0,0419	0,9684	99,7	2,1
	T3	54,9367	0,0495	1,0207	99,8	2,0
	T4	56,0296	0,0513	1,0734	99,7	2,2
	T5	56,3648	0,0841	1,4907	99,6	2,7
	T6	60,8835	0,0824	1,3085	99,6	2,4
	T7	68,4190	0,0938	1,5118	99,7	2,0
h	T0	34,9195	0,1143	1,9234	99,7	2,3
	T1	37,8478	0,0900	1,520	99,1	3,9
	T2	37,691	0,0952	1,6376	99,8	1,8
	T3	36,9156	0,0989	1,6669	99,3	3,6
	T4	36,0768	0,1016	1,6856	99,4	3,1
	T5	37,9879	0,0939	1,6122	99,7	2,3
	T6	37,1613	0,0861	1,4282	99,5	2,9
	T7	36,9769	0,0964	1,5989	99,8	1,8

Sendo: β_0, β_1 e β_2 = coeficientes; R^2 ajust (%) = coeficiente de determinação ajustado em porcentagem; S_{yx} (%) = erro padrão da estimativa; dg = diâmetro quadrático (cm); h = altura (m).

Fonte: Autora (2024).

Para as estimativas do diâmetro quadrático e da altura a equação demonstra baixo erro, sendo sempre menor que 4%, e o coeficiente de determinação alto, nesses casos se mostrando eficientes para as estimativas.

Com os dados do inventário e dados estimados é possível observar como se encontra a floresta em questão em cada idade de corte raso, conforme a intensidade de desbastes aplicadas ao longo dos anos. A Tabela 8 demonstra os valores dos diâmetros quadrático, volume individual, volume total e incremento para cada um dos tratamentos considerando as idades de 20, 25, 30 e 35 anos para o corte raso.

Considerando uma idade de corte raso de 20 anos, o tratamento T0 demonstra o menor valor de diâmetro e volume individual, com 26,1 cm e 0,675 m³ respectivamente. O tratamento moderado T5 apresenta diâmetro de 41,5 cm e volume individual de 1,742 m³. O maior valor de diâmetro é respectivo ao tratamento mais intenso, T7, com 53,2 cm e 2,836 m³.

Os maiores valores de volume por hectare são dos tratamentos T0 com 1.124 m³ ha⁻¹, T5 com valores de 715 m³ ha⁻¹ e T4 e T3 com 573 m³ ha⁻¹. E o menor valor é do tratamento T7 de 441 m³ ha⁻¹. Da mesma forma que o volume por hectare, o incremento médio começa como maior valor no T0 de 55 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, seguido pelo T5 de 46 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e T3 com 44 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Já a variável altura não apresentou uma tendência de crescimento conforme o tratamento, ficando em um valor médio de 28,7 m para essa idade, sendo o maior valor de altura alcançado pelo tratamento T5, com 29,1 m.

Tabela 8. Diâmetro quadrático, volume individual, volume por hectare e incremento médio anual para cada tratamento.

Idade	Variável	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
20*	dg (cm)	26,1	30,9	32,9	34,2	34,8	41,5	46,0	53,2
	h (m)	28	29	29	29	28	29	28	29
	v (m ³)	0,67	0,95	1,09	1,17	1,20	1,74	2,07	2,84
	V (m ³ ha ⁻¹)	1.124	530	484	573	573	716	529	441
	IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	55	43	41	44	41	46	37	30
25*	dg (cm)	28,9	35,7	37,4	38,7	39,5	46,4	50,9	58,8
	h (m)	31	32	32	32	31	32	31	32

	v (m ³)	0,91	1,42	1,57	1,66	1,71	2,42	2,81	3,82
	V (m ³ ha ⁻¹)	1.402	646	680	795	779	969	719	595
	IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	56	39	41	44	41	47	37	30
30*	dg (cm)	31,2	40,1	41,1	42,3	43,2	49,8	54,2	62,3
	h (m)	33	34	34	34	33	34	33	34
	v (m ³)	1,11	1,90	2,02	2,10	2,16	2,97	3,40	4,56
	V (m ³ ha ⁻¹)	1.244	676	605	724	649	758	643	556
	IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	41	41	39	41	36	41	35	27
	dg (cm)	33,2	44,9	44,6	45,3	46,6	52,5	56,4	64,7
35**	h (m)	33	35	35	33	33	34	35	34
	v (m ³)	1,30	2,49	2,45	2,39	2,56	3,31	3,91	5,02
	V (m ³ ha ⁻¹)	1.083	838	747	841	720	834	706	613
	IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	30	39	37	38	33	37	32	25

Sendo: dg = diâmetro quadrático (cm); v = volume individual (m³); V = volume por hectare (m³ ha⁻¹); IMA = Incremento médio anual na idade estimada (m³ ha⁻¹ ano⁻¹); * Valores nessa idade estimados pela equação de Chapman-Richards; ** Valores nessa idade foram coletados por meio do inventário florestal.

Fonte: Autora (2024).

No estudo de Mainardi et al. (1996) em plantios de *Pinus taeda* com 16 anos e dois desbastes, com índice de sítio 22 m na idade de referência de 20 anos, foram produzidos 483 m³ ha⁻¹, bem próximo do valor encontrado aos 20 anos para o tratamento T2 (Leve-Leve), de 483 m³ ha⁻¹. Além disso, os autores observaram que foi obtido um IMA de 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, encontrado nesse trabalho apenas no tratamento T7 (Extremo) considerando um corte raso aos 20 e 25 anos. No mesmo trabalho em povoamento de índice de sítio 28 m esse incremento foi de 56,94 m³ ha⁻¹, que são valores próximos do encontrado para o tratamento T0 (Sem desbaste) nas idades de 20 e 25 anos.

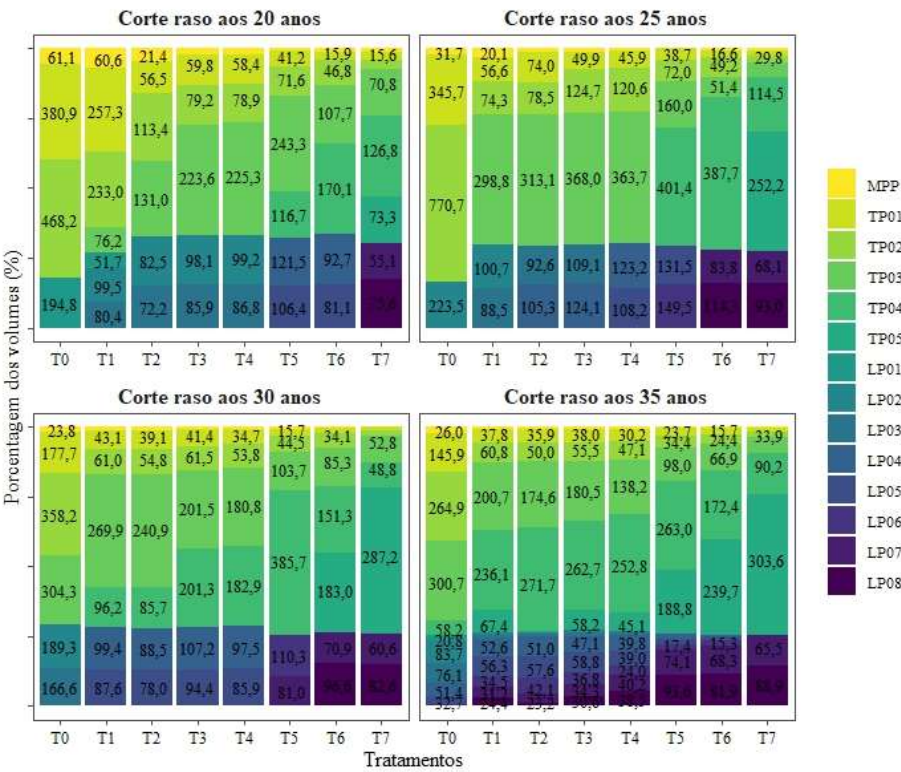
Araújo et al. (2012) encontraram valores de volume médio máximo em uma floresta de 50 anos de *Pinus taeda* em Minas Gerais de 1,364 m³, valor que foi ultrapassado pelo tratamento T5 aos 20 anos de idade e pelos demais aos 25 anos, apenas para o tratamento T0 esse valor não é alcançado em nenhuma idade. Vivian et al. (2022) encontraram valores de volume individual de 6 m³ e volume por hectare total de 973,4 para uma floresta de *Pinus taeda* com 43 anos, também em Campo Belo do Sul. O maior valor de volume individual foi encontrado pelo tratamento T7 (Extremo) aos 35 anos, sendo de 5,025 m³ e volume por hectare de 613 m³ ha⁻¹. O tratamento que mais se assemelhou ao encontrado por Vivian et al (2022) foi o T5

(Moderado-Moderado) aos 25 anos 969 m³ ha⁻¹. Scolforo et al. (2001), considerando a simulação de diferentes cenários de manejo para madeira sem nós, observaram que regimes conduzidos com um desbaste pré comercial, seguido de 2 desbastes comerciais, alcançando valores que variam de 684 a 892 m³ ha⁻¹ devido a gerar maiores receitas líquidas para os sítios 28,2m e 25,5m.

Na Tabela 8 ainda pode ser observado que a partir da idade de 30 anos, todos os tratamentos estão tendendo a diminuir o seu IMA, ou seja, a floresta demonstra uma estagnação no seu crescimento, independente da aplicação ou não de mais um desbaste aos 29 anos.

Além dos valores gerais para cada tratamento foi observado a porcentagem dos sortimentos em cada tratamento para cada idade de corte raso. Na Figura 14 é possível observar o desenvolvimento dos sortimentos conforme a intensidade do desbaste e idade de corte raso, dividido em 4 quadros, sendo cada um uma idade de corte raso. Nessa Figura 14 os eixos x estão apresentados os tratamentos, nos eixos y a porcentagem de cada sortimento em cada tratamento, os sortimentos são representados pelas diferentes cores e o valor absoluto do volume dos sortimentos está no rótulo, respectivamente.

Figura 14. Proporção dos volumes dos sortimentos nas idades de corte raso de 20, 25, 30 e 35 anos considerando cada tratamento.



Fonte: Autora (2024).

Ao submeter uma floresta ao tratamento sem desbastes a maior porcentagem de sortimento na floresta será de TP02 tanto para uma idade de corte raso de 20 como para 25 anos, seguido por TP01 e LP01 que é a madeira de maior valor dentre esses sortimentos. Aos 30 anos começam a aparecer outros sortimentos, como LP02 e TP03 de maneira mais proporcional. Já aos 35 anos, além das madeiras de TP que permanecem sendo mais de 50% do sortimento, aparece uma pequena quantidade de TP04, TP05, LP03 e LP04.

No caso dos tratamentos leves T1 e T2 (Leve e Leve-Leve) e tratamentos moderados T3 e T4 (Moderado, Moderado-Leve), todos se igualam quanto aos sortimentos e, na maioria das idades, na proporção de cada um deles, como aos 20 e 30 anos de idade. Apresentando aos 20 anos sortimentos como TP01, TP02, TP03, LP01 e LP02, sendo uma crescente o valor de TP03 e decrescente TP02. Aos 25 anos apenas T1 (Leve) permanece com os mesmos sortimentos, T2 e T3 (Leve-Leve e Moderado) não apresentam mais LP01 e adicionam LP04. T4 (Moderado-Leve) não apresenta mais LP01 e LP02, adicionando LP04 e LP03.

Aos 30 os sortimentos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 (Leve, Leve-Leve, Moderado e Moderado-Leve) novamente se igualam, havendo apenas algumas diferenças de proporção entre eles, mas continuando com os mesmos tipos de sortimento que T4 aos 25 anos. Já aos 35 anos são adicionados a floresta pequenas proporções de sortimentos mais nobres como TP05, LP08 e LP07.

No caso do tratamento moderado T5 (Moderado-Moderado) o mesmo se iguala ao tratamento T6 (Pesado-Moderado) na idade de 20 e na idade de 35 anos em que se assemelha ao tratamento T7 (Extremo) com relação a proporção de alguns sortimentos. Aos 20 anos T5 e T6 apresentam sortimentos como LP04, LP03, TP04, TP03, TP02 e TP01. Nessa mesma idade o tratamento T7 já conta com sortimentos como LP08, LP07, TP05, TP04 e TP03 em sua maior parte. Considerando um corte raso de 25 anos, T6 se iguala a T7 nos sortimentos de lâminas, mas ainda não atinge sortimentos e TP05. T5 manteve os sortimentos de tora e de lâmina.

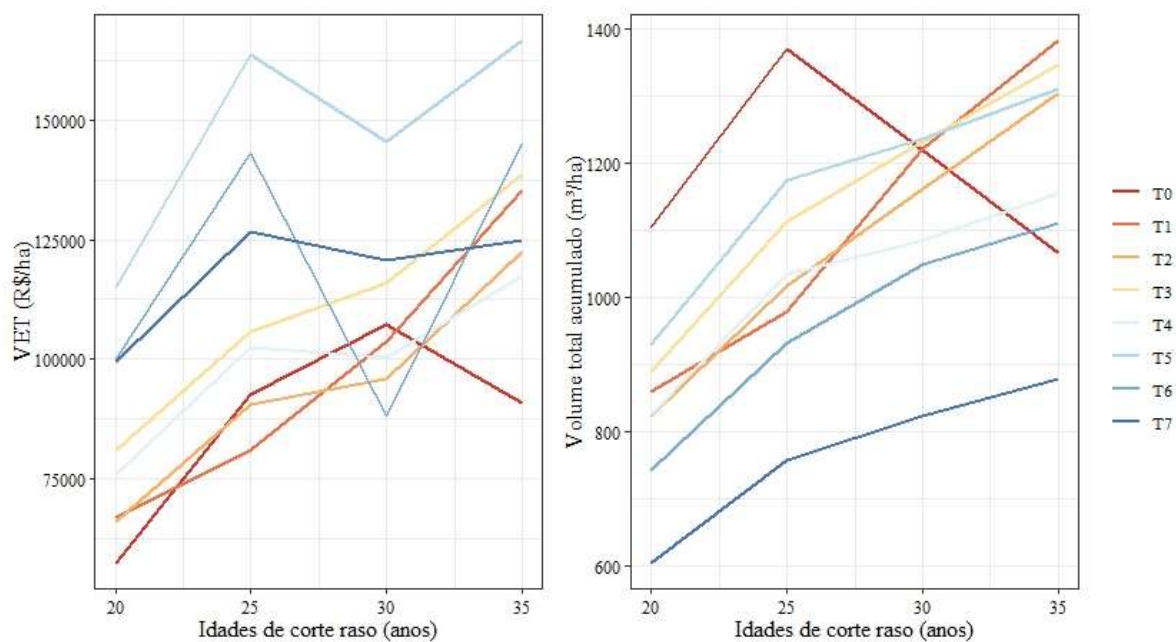
Aos 30 anos T6 e T7 (Pesado-Moderado e Extremo) se igualam os mesmos sortimentos que encontrados aos 25 anos no T7, mas aumenta expressivamente a quantidade madeira e TP05 para o tratamento “Extremo”. O tratamento moderado T5 (Moderado-Moderado) manteve os mesmos sortimentos que aos 25 anos. Já aos 35 anos os tratamentos apresentam os mesmos sortimentos que foram mantidos pelo T7 desde os 25 anos, alterando apenas a proporção de cada tratamento.

Vivian et al. (2022) destacaram que o volume comercial presente em um hectare de um reflorestamento com 43 anos de idade de *Pinus taeda* se concentrou em apenas dois sortimentos

de tora com maior diâmetro podado sendo maior ou igual a 52 cm e não podado maior ou igual a 45 cm, atingindo cerca de $658 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, de um total de $973 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Nesse trabalho esses valores de volumes não foram tão expressivos com relação a maioria dos tratamentos até a idade de 35 anos, mas no tratamento T7 essa relação ocorre da mesma forma, sendo quase 70% sortimentos maiores. No caso de T5 essa relação atinge quase 40% e T6 quase 50%.

Por meio dos volumes de cada sortimento e estimando a idade de corte raso é possível avaliar o melhor cenário econômico conforme o objetivo e manejo desejado para a floresta. A Figura 15 demonstra os valores de VET e o volume total de cada tratamento nas 4 idades de corte raso estimadas.

Figura 15. VET e volume total acumulado para cada tratamento, conforme a idade de corte estimada.



Fonte: Autora (2024).

Avaliando primeiramente os valores de o Valor Esperado da Terra, no primeiro gráfico, é possível observar que o tratamento T5 (Moderado-Moderado) se destaca com relação aos demais, partindo na idade de 20 anos com o valor de R\$114.904,04 por hectare e atinge o seu maior valor na idade de 35 anos alcançando R\$ 166.512,80 por hectare.

Ao comparar o tratamento Pesado-Moderado (T6) com relação ao VET, a queda que ocorre aos 30 anos demonstra um valor ainda menor que aos 20 anos. E o tratamento T7 segue

uma crescente com relação ao VET desde os 20 anos com R\$99.508,63 por hectare chegando a R\$124.792,6 aos 35 anos.

Os tratamentos leves e o Moderado desde a idade de 20 anos até os 35 anos apresentam valores crescentes, partindo de cerca de R\$66 mil até 80 mil e alcançando um valor médio de R\$132.135,73, sendo T3 com os maiores valores aos 20 e aos 35 anos, R\$80.938,25 e R\$138.513,21 por hectare, respectivamente.

Scolforo et al. (2001) considerando uma TMA de 6% a.a. concluíram que os plantios nos sítios de 28,5m, 25,5m e 22,5m dão lucro ao serem submetidos a manejos com desbastes e podas. Gomes et al (2002) destacaram que florestas com um regime de manejo de pelo menos um desbaste demonstra resultados de retorno maior que regimes sem desbaste, ao observar o Valor Esperado da Terra.

O último gráfico da Figura 15 demonstra os volumes por hectare de cada tratamento acumulado até o corte raso, considerando o volume comercial. O tratamento T0 aparece como sendo o tratamento com maior valor de volume que com relação aos demais até os 25 anos, atingindo cerca de $1.371,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ aos 25 anos que vem de um crescimento com relação aos 20 anos, seu maior número de árvores. Após os 25 anos esse valor tende a cair, possivelmente devido a alta competição entre as árvores e mortalidade, o que também é explicado pela diminuição do incremento nos próximos anos. Ao comparar com o VET podemos considerar que há maior viabilidade para esse tratamento é o momento em que o volume por hectare ficar próximo de $1.200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, onde fica acima de tratamentos com desbastes leves.

O tratamento T5 demonstra o segundo maior valor de volume por hectare, atingindo $1.236 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ antes do desbaste aos 29 anos, atingindo aos 35 anos o valor de $1.311 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, ficando abaixo dos tratamentos como T1 e T3, mas devido a diâmetros menores não apresentam mesma viabilidade econômica. Já o tratamento T7 foi o que menos apresentou valor total de volume por hectare, devido a grande quantidade de volume já retira nos demais desbastes. Os demais tratamentos ficaram com valores mais próximos.

6.4 CONCLUSÃO

As diferentes intensidades de desbaste têm um impacto direto na produção de árvores de maior diâmetro e na geração de sortimentos mais valiosos e de usos mais nobres, como laminação.

A remoção de pelo menos duas árvores competidoras nas duas primeiras intervenções mostra maior viabilidade econômica. No entanto, a retirada de muitas árvores leva a uma redução no retorno financeiro.

Contudo, o manejo ótimo para atingir a máxima viabilidade econômica deve considerar:

- Desbaste pré-comercial aos 4 anos, retirando duas árvores competidoras a cada uma árvore dominante, por exemplo, ao selecionar 200 árv ha⁻¹ deverão ser retiradas 400 árv ha⁻¹.
- Mais um desbaste próximo aos 7 anos retirando mais duas árvores competidoras, assemelhando-se ao tratamento T5.
- A idade de corte ideal deve ser a partir dos 25 anos, caso decida-se manter até os 30 anos deve ser considerado um desbaste tardio aos 29 anos e mantendo um número de árvores por hectare entre 400 e 250 árv ha⁻¹ para obter maior retorno financeiro.

7. REFERÊNCIAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília: 2012. 150p.

AHRENS, S. **A concepção de regimes de manejo para plantações de *Pinus* spp. no Brasil**. Curitiba: Embrapa - Cnpf, 1987.

AHRENS, S. **O manejo e a silvicultura de plantações de pinus na região Sul do Brasil** In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTAVEL, 1997, Curitiba. Tópicos em manejo florestal sustentável. Colombo: EMBRAPA-CNPf, 1997. p.167-173.

ALDER, D. **Forest volume estimation and yield prediction**. Rome, v. 2, 197 p., 1980.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Swiss, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, M. A. A. **Técnica de produção florestal: fundamentos, tipificação e métodos**. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica, 1982. 331 p.

ARAÚJO, E. J.G. de; PELISSARI, A. L.; DAVID, H. C.; MIRANDA, R. O. V. de; PÉLLICO NETTO, S.; MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S.. Relações dendrométricas em fragmentos

de povoamentos de pinus, em Minas Gerais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S.L.], v. 32, n. 72, p. 355-366, 28 dez. 2012. Embrapa Florestas.

ASSMANN, E. **The Principles of Forest Yield Study**. München: BLV, 1970. 490 p.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS. **Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2019 (ano base 2018)**. Lages, 2019.

BERGER, R.; GARLIPP, R.C.D.; PEREIRA, R.S. **Preço Máximo de terras para reflorestamento - sua importância na viabilização de empreendimentos florestais**. IPEF, Piracicaba, n. 23, 11-20. 1982.

BONAZZA, M.; DOBNER JUNIOR, M.; NOVACK JUNIOR, N. S.; SAMPIETRO, J. A.; ARCE, J. E.; WOJCIECHOWSKI, J. Desempenho operacional e custos de desbaste pré-comercial semimecanizado em *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, [S.L.], v. 48, n. 125, p. 1-13, 31 mar. 2020.

BONAZZA, M.; SAMPIETRO, J. A.; VIVIAN, M. A.; SILVESTRE, R.; MODES, K. S. Efeito da idade, sortimento e tempo de estocagem na densidade verde da madeira de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 32, 735–756, 2022.

CAMPOS, J. C. C., & LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 470 p, 2013.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: Perguntas e respostas**. 5º ed. Atual. E ampl. UFV. Viçosa, MG. 2017.

CARNEIRO, J.G.A. **Princípios de desramas e desbastes florestais**. UENF, Campos dos Goytacazes, 2012, 96 p.

CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S.; VALVERDE, S. R. Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 1, p. 105-118, 2005.

CLARK III, A.; SAUCIER, J. R. **Influence of planting density, intensive culture, geographic location, and species on juvenile wood formation in Southern Pine**. Research Division Georgia Forest Commission, 1991. 14p

COELHO, M. H.; KWASNIEWS, C. M. Aspectos econômicos do reflorestamento de *Pinus* na pequena propriedade rural: um estudo de caso. **Anais ... 4º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**. Agosto 2008. Ponta Grossa-PR, 2008.

CONCEIÇÃO, M. B. **Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex – Maiden**. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DAVID, H. C.; ARCE, J. E.; NETTO, S. P.; CORTE, A. P. d.; MARINHESKI FILHO, A.; ARAUJO, E. J. G. de. Efeito do Desbaste e da Qualidade do Sítio na Relação Hipsométrica de *Pinus taeda*. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 220-228, 12 abr. 2016.

DIAS, A. N.; LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 29, n. 5, p. 731-739, out. 2005.

DOBNER JUNIOR, M. **Impacto do manejo de povoamentos na produtividade e qualidade da madeira de *Pinus taeda***. 2014. 330 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

DOBNER JUNIOR, M.; HUSS, J. **Desbaste pelo alto: uma alternativa rentável para povoamentos de *Pinus taeda* no Sul do Brasil**. 1. ed. Pomerode: Impressora Mayer, 2015.

DOBNER JR., M.; QUADROS, D. S. Economic performance of loblolly pine stands in southern Brazil as a result of different crown thinning intensities. **Árvore**, Viçosa, MG, v. 43, n. 2, p. 1-11, 2019.

ELOY, E.; da SILVA, D. A.; SCHMIDT, D.; TREVISAN, R.; CARON, B. O.; ELLI, E. F. Effect of planting age and spacing on energy properties of *Eucalyptus grandis* w. Hill ex maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.40, n.4, p.749-758, 2016.

ELESBÃO, L. E. G; SCHNEIDER, P. R. Produção de *Pinus taeda* L. em povoamento desbastado na região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 119-124, 2011.

FAO. Management of tropical moist forest in Africa. **Forest paper**, v. 88, p. 165, 1989.

GOMES, F. S.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C. R. Avaliação da produção em volume toral e sortimentos de povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 101-126, 1997.

GOMES, F. dos S.; SANQUETTA, C. R.; SCOLFORO, J. R. S.; GRAÇA, L. R.; MAESTRI, R. Efeitos do sítio e de cenários de custos e preços na análise de regimes de manejo com e sem desbaste em *Pinus taeda* L. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 13-31, 2002.

HUSCH, B.; MILLER, C., I.; BEERS, T, W, **Forest mensuration**. New York: Ronald Press Co, 1982, 410p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2018 (Ano base 2017)**. Brasília, 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2020 (Ano base 2019)**. Brasília, 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2021 (Ano base 2020)**. Brasília, 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2022**. Brasília, 2022.

KOHLER, S. V; KOEHLER, H. S.; FIGUEIREDO, A. Modelos de Afilamento para *Pinus taeda* por Classes de Idade. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 4, n. 20, p. 470-479, 2013.

KOHLER, S. V.; KOEHLER, H. S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. do A. Evolução do sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina. **Floresta**, [S.L.], v. 45, n. 3, p. 545, 24 jan. 2015. Universidade Federal do Paraná.

KOHLER, S. V., WOLF, N. I., FILHO, A. F. E ARCE, J. E. (2014). Dynamic of assortment of *Pinus taeda* L. plantation in different site classes in Southern Brazil. **Scientia Florestalis**, 42, 403-410.

LAGOS, A. R.; MULLER, B. L. A. Hotspot Brasileiro: Mata Atlântica. **Saúde e Ambiente em Revista**, v. 2, n. 2. p. 35-45, jul./dez., 2007.

LAMBERT, L. **Crescimento de diferentes espécies de *Pinus* spp. na região serrana de Santa Satarina**. 2018. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.

LEITE, H.G. et al. Um modelo de crescimento e produção para *Pinus taeda* L. na região sul do Brasil. **Revista Árvore**, v.25, n.1, p.105-112, 2001.

LEITE H. G.; NOGUEIRA G. S.; MOREIRA A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Árvore**, 2006.

LEUSCHNER, W.A. Forest regulation, harvest scheduling and planning techniques. New York: John Wiley & Sons., 1990. 281 p.

LIMA, R.; INOUE, M. T.; FIGUEIREDO, A.; ARAUJO, A. J. de; MACHADO, S. do A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 223-230, jun. 2013.

LOPES, E. S; DINIS, C. C. C; SERPE, E. L; CABRAL, M. J. V. Efeito do sortimento da madeira na produtividade e custo do forwarder no desbaste comercial de *Pinus taeda*. **Scientia Forestalis**, Pracicaba, v. 44, n 109, p. 57- 66, 2016.

LISITA, A.; LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C.C.; REGAZZI, A. J. & LELLIS, V. G. dos S. Efeitos de reespaçamentos na produção, no diâmetro médio e na estrutura de povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*. **Rev. Árvore**. SIF, v 21, n. 4, p. 473-482, 1997.

MACHADO, S. do A.; de SOUZA, R. F.; APARECIDO, L. M. T.; RIBEIRO, A.; CZELUSNIAK, B. H. Evolução das variáveis dendrométricas da bracatinga por classe de sítio, **Cerne**, v. 21, n. 2, p.99-207, abril-julho, 2015.

MAINARDI, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. PRODUÇÃO DE *Pinus taeda* L. NA REGIÃO DE CAMBARÁ DO SUL, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 39-52, 1996.

MOREIRA, J. P. et al. Ganho esperado na seleção de progênies de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em idade precoce para produção de madeira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 78, p. 99-109, abr./jun., 2014.

MOULIN, J. C.; ARANTES, M. D. C.; de OLIVEIRA, J. G. L.; CAMPINHOS, E.; GOMES, F.; VIDAURRE, G. B. Efeito do Espaçamento, Idade e Irrigação no Volume e Densidade Básica do Eucalipto. **Floresta e Ambiente**, 2017.

NICOLETTI, M. F.; LAMBERT, L.; SOARES, P. R. C.; CRUZ, G. da S.; ALMEIDA, B. R. S. de. Influência do primeiro desbaste no crescimento de quatro espécies do gênero *Pinus*. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 9-17, maio 2021.

OLIVEIRA, E.B.; RIBASKI, J.; ZANETTI, E.A.; et al. Produção, carbono e rentabilidade econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em sistemas silvipastoris no sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.57, p.45-56, 2008.

PADOIN, V. **Diretrizes para desbaste de *Pinus taeda* L. em função da altura dominante**. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PADOIN, V.; FINGER, C. A. G.. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 95-105, 30 mar. 2010. Universidad Federal de Santa Maria.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, 1997. 316 p.

RAMOS, M. **Comparação de métodos para estimar o volume comercial em Floresta Ombrófila densa no estado do Amazonas**. 2012. 54p. (Dissertação de Mestrado).

REINSTORF, L. O. **The influence of stand density on growth of *Pinus elliottii***. Stellenbosch: Forestry University of Stellenbosch, 1970. 62 f. Dissertação (Mestrado) - University of Stellenbosch, 1970.

RIBEIRO, N.; SITOE, A.; GUEDES, B.; STAISS, C. **Manual de silvicultura tropical**. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane, 2002. 123 p.

SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; PELISSARI, A. L.; CORTE, A. P. D.; PÉLLICO NETTO, S.; SIMON, A. A. Probabilistic distributions for *Acacia mearnsii* De Wild total height and the influence of environmental factors. **Journal of Applied Mathematics and Physics**, v. 2, p. 1-10, 2014.

SANQUETTA C. R.; REZENDE A. V.; GAIAD D.; SCHAAF L. B.; ZAMPIER A. C. Produção de madeira para laminação em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades e regimes de desbaste: uma abordagem experimental. **Floresta**, 1998, 10p.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Determinação de regimes de desbaste para povoamentos de *Pinus elliottii* E. do planalto ocidental no estado de Santa Catarina. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 43-59. 1994.

SCHNEIDER, P. C.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M.; DRESCHER, R.; SCHEEREN, L.; MAINARDI, G.; FLEIG, F. D. Produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 129 - 140, 1998.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Influência da intensidade do desbaste sobre o crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 95- 103. 1993.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. 2ª edição, Santa Maria, FACOS-UFSM, 2008, 566p.

SCHNEIDER, P. R.; **Manejo florestal I - tópicos para o planejamento da produção florestal**. Santa Maria: UFSM, 1986. 289 p.

SCHNEIDER, P.R. Efeito da intensidade do desbaste sobre o fator K-Magin em povoamentos de *Pinus elliottii* E. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1993, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, 1993b. v.2. p.504 - 507.

SCHNEIDER, P. S. P. **Estrutura Bioeconômica da produção no manejo da densidade de *Pinus taeda* L. na região do planalto catarinense, Brasil**. 2012. 188 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SCHUCHOVSKI, M. S., ARCE, J. E., OLIVEIRA, E. B. de. Altura dominante e índice de sítio para *Pinus taeda* em dois polos de desenvolvimento florestal no sul do Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 121, p. 92-104, mar. 2019.

SCOLFORO, J. R. S.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; OLIVEIRA, A. D. de; MAESTRI, R. Simulação e avaliação econômica de regimes de desbastes e desrama para obter madeira de *Pinus taeda* livre de nós. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 121-139, 30 mar. 2001. Universidad Federal de Santa Maria.

SCOLFORO, J. R. S.; MACHADO, S. A. Um sistema de crescimento e produção com simulador de desbaste. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 50, p.51-64, dez. 1996.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.

- SCOLFORO, J. R. S. et al. Simulação e avaliação de desbastes e desrama para obter madeira de *Pinus taeda* livre de nós. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 11, n. 1, p. 121-139, 2001.
- SERPE, E.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. Perdas volumétricas relativas à colheita florestal e seus reflexos econômicos. **BIOFIX Scientific Journal**, Curitiba, 2018, 172p.
- SHIMIZU J. Y.; HIGA A. R.; Variação racial do *Pinus taeda* L. no Sul do Brasil até o sexto ano de idade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, 1981; (2): 1-25.
- SILVA, F. R.; e SILVA, V. S. M.; de MIRANDA, S. O.; OLIVEIRA, B. R.; SILVA, J. C. Classificação da produtividade para um plantio de *Tectona grandis* em Alta Floresta, Mato Grosso. **Ambiência Guarapuava**, Paraná, v.12 n.4 p. 809 - 823 Set/Dez. 2016.
- SMITH, D. M.; LARSON, B. C.; KELTY, M. J.; ASHTON, P. M. S. **The practice of silviculture: applied forest ecology**. New York: J. Wiley, 1997. 537 p.
- SOARES, T. S. **Otimização do uso da madeira em povoamentos de eucalipto**. 2002. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.
- SOUZA, Á. N. et al. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Cerne**, v. 13, n. 1, 96-106, 2007.
- SPATHELF, P.; SELING, I. Efeitos econômicos de diferentes programas de desbaste em povoamentos de *Pinus elliottii*. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 21-44, 30 mar. 2000. Universidad Federal de Santa Maria.
- SPINELLI, R; NATI, C. A low-investment fully mechanised operation for purê selection thinning of pine plantations. **Creation Journal of Forest Engineering**. v.2, n.30, p.89-97, 2009.
- STÖHR, G. W. D.; BAGGIO, A. J. ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MÉTODOS DE ARRASTE PRINCIPAL DO DESBASTE DE *Pinus taeda* L. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 0, n. 2, p. 89-131, jun. 1981.
- STALL, D. **Avaliação econômica e análise de sensibilidade de regimes de manejo em florestas de *Pinus taeda* L. no planalto serrano de Santa Catarina**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TREVISAN, R. **Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

VALVERDE, S. R. et al. Participação do setor florestal nos indicadores socioeconômicos do Estado do Espírito Santo. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p.105-113, 2005.

VASQUEZ, A. G.; NOGUEIRA, A. S.; KIRCHNER, F. F.; BERGER, R. Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no Sul do Brasil. **Floresta**, v.37, n.3, p.445-450, 2007.

VITALE V.; MIRANDA G. M. Análise comparativa da viabilidade econômica de plantios de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* na região centro-sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 3, p. 469-476, 2010.

VIVIAN, M. A.; DOBNER JÚNIOR, M.; MODES, K. S.; BELINI, U. L.; VAZ, D. R. Ciclos de produção de *Pinus taeda* L. com mais de 30 anos: uma alternativa para obtenção de madeira para usos sólidos e estruturais. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 573-596, 24 jun. 2022.