



IAN TEODORO LIBECK

**EFEITO DE CONTROLE DE MATOCOMPETIÇÃO,
FERTILIZAÇÃO E PREPARO DE SOLO SOBRE A
PRODUTIVIDADE DE *Pinus taeda* e *Pinus maximinoi***

LAVRAS - MG

2021

IAN TEODORO LIBECK

**EFEITO DE CONTROLE DE MATOCOMPETIÇÃO, FERTILIZAÇÃO E PREPARO
DE SOLO SOBRE A PRODUTIVIDADE DE *Pinus taeda* e *Pinus maximinoi***

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Otávio Camargo Campoe
Orientador

**LAVRAS – MG
2021**

IAN TEODORO LIBECK

**EFEITO DE CONTROLE DE MATOCOMPETIÇÃO, FERTILIZAÇÃO E PREPARO
DE SOLO SOBRE A PRODUTIVIDADE DE *Pinus taeda* e *Pinus maximinoi***

**EFFECT OF WEED COMPETITION CONTROL, FERTILIZATION AND SOIL
PREPARATION ON THE PRODUCTIVITY OF *Pinus taeda* and *Pinus maximinoi***

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 13 de maio de 2021.

Dr. Otávio Camargo Campoe UFLA

MSc. Anatoly Queiroz Abreu Torres UFLA

MSc. Gerardo Rojas Hincapie Unesp

Prof. Dr. Otávio Camargo Campoe
Orientador

**LAVRAS – MG
2021**

*À minha mãe Márcia, meu pai Rodes e minha irmã Laís, por todo apoio em todos os desafios
que enfrentei durante toda minha vida.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciências Florestais, pela oportunidade.

À FEPAF e à Forest Productivity Cooperative pela concessão da bolsa de estágio.

À empresa Klabin pela parceria na pesquisa, disponibilidade e manutenção da área experimental, equipe de colaboradores para realização das coletas da biomassa de mato, auxílio em todo o transporte até a área experimental e demais contribuições.

Aos colaboradores que formam as equipes de campo das unidades de pesquisa do Paraná e de Santa Catarina da empresa Klabin que auxiliaram nas coletas.

Ao professor Otávio pela orientação, paciência com as explicações durante todo o projeto e oportunidade de participação.

Aos meus pais Márcia e Rodes e minha irmã Laís, por sempre valorizarem minha educação e me apoiarem em todos os desafios em que assumi na vida.

RESUMO

Grande parte do total de florestas plantadas no Brasil é representado pelo gênero *Pinus*, que abastece diversas indústrias do setor de base florestal do país. O maior conhecimento das exigências silviculturais do gênero permite a otimização do uso de recursos operacionais e um maior rendimento das áreas produtivas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de *Pinus taeda* em Santa Catarina e *Pinus maximinoi* no Paraná sob influência da matocompetição com diferentes intensidades e modalidades de preparo silvicultural, gerando um gradiente de níveis de biomassa de mato com a produtividade de madeira. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) fatorial triplo: 3 níveis de preparo de solo (cultivo mínimo, subsolagem superficial (20 cm) e subsolagem profunda (50 cm)), 2 níveis de controle de mato (sim e não) e 2 níveis de adubação (sim e não) com 3 repetições por tratamento, totalizando 36 parcelas em cada sítio. Avaliou-se a produtividade do *Pinus maximinoi* através de 3 inventários florestais (aos 9, 37 e 50 meses de idade) e do *Pinus taeda* através de 2 inventários florestais (aos 13 e 43 meses de idade). O crescimento de biomassa de plantas daninhas afetou de forma negativa a produtividade em ambos os sítios. No Paraná: os valores médios de volume foram superiores com o preparo do solo, apesar de não ter ocorrido significância estatística; o preparo de solo prejudicou o desenvolvimento do mato, que mostrou menor biomassa nesses tratamentos; a adubação foi dependente do preparo do solo para expressar efeito positivo na produtividade durante o início do desenvolvimento das plantas; aos 4,2 anos de idade, nos tratamentos adubados o volume foi superior em 35,5 % em relação aos não adubados; as plantas que se desenvolveram sem a presença da matocompetição apresentaram superioridade de 52,5% em volume. Em Santa Catarina: dos tratamentos silviculturais aplicados, apenas o controle do mato conferiu ganhos significativos na produtividade; todos os tratamentos com controle total da matocompetição foram superiores em relação aos tratamentos que cresceram com presença do mato; as plantas de *Pinus taeda* que se desenvolveram sem a presença da matocompetição alcançaram o dobro de produtividade volumétrica.

Palavras-chave: Silvicultura do *Pinus*. Matocompetição. Preparo de solo. Adubação. Produtividade florestal.

ABSTRACT

A large part of the total planted forests in Brazil is represented by the *Pinus* genus, which supplies several industries in the country's forest-based sector. The greater knowledge of the silvicultural requirements of the genus allows the optimization of the use of operational resources and a higher yield of the productive areas. The objective of this work was to evaluate the productivity of *Pinus taeda* in Santa Catarina and *Pinus maximinoi* in Paraná under the influence of weed competition with different intensities and types of silvicultural preparation, generating a gradient of levels of forest biomass with wood productivity. The experimental design was a randomized factorial (DBC) triple factorial: 3 levels of soil tillage (minimum cultivation, superficial subsoiling (20 cm) and deep subsoiling (50 cm)), 2 levels of bush control (yes and no) and 2 levels of fertilization (yes and no) with 3 repetitions per treatment, totaling 36 plots. The productivity of *Pinus maximinoi* was evaluated through 3 forest inventories (at 9, 37 and 50 months of age) and *Pinus taeda* through 2 forest inventories (at 13 and 43 months of age). The growth of weed biomass negatively affected productivity at both sites. In Paraná: the average volume values were higher with the tillage, although there was no statistical significance; soil preparation hindered the development of the bush, which showed less biomass in these treatments; fertilization was dependent on soil preparation to express a positive effect on productivity during the beginning of plant development; at 4.2 years of age, in the fertilized treatments, the volume was 35.5% higher than those not fertilized; plants that developed without the presence of weed competition showed a superiority of 52.5% in volume. In Santa Catarina: of the applied silvicultural treatments, only the control of the bush conferred significant gains in productivity; all treatments with total control of the weed competition were superior in relation to the treatments that grew with the presence of the bush; *Pinus taeda* plants that developed without the presence of weed competition achieved double volumetric productivity.

Keywords: *Pine* silviculture. Weed competition. Soil preparation. Fertilizing. Forest productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagem aérea da área experimental no Paraná.	16
Figura 2 – Imagem aérea da área experimental em Santa Catarina.....	17
Figura 3 – Modelo esquemático do bloco experimental.....	17
Figura 4 – Amostragem da biomassa de matocompetição.	18
Figura 5 – Modelo esquemático da parcela experimental.	19
Gráfico 1 – Volume médio ($m^3 ha^{-1}$) aos 4,2 anos de idade sob efeito do preparo do solo	22
Gráfico 2 – Altura e diâmetro do coleto de mudas adubadas sob influência de preparos de solo aos 9 meses de idade.....	23
Gráfico 3 – Produtividade das plantas adubadas sob influências de preparo de solo	24
Gráfico 4 – Volume médio ($m^3 ha^{-1}$) aos 4,2 anos de idade sob influência da adubação.....	25
Gráfico 5 – Volume médio ($m^3 ha^{-1}$) aos 4,2 anos de idade sob influência do controle do mato	26
Gráfico 6 – Produtividade volumétrica de madeira e biomassa de mato aos 4,2 anos de idade do plantio.	27
Gráfico 7 – Volume médio ($m^3 ha^{-1}$) aos 3,6 anos de idade sob efeito do preparo do solo	29
Gráfico 8 – Volume médio ($m^3 ha^{-1}$) aos 3,6 anos de idade sob efeito da adubação	30
Gráfico 9 – Volume médio ($m^3 ha^{-1}$) aos 3,6 anos de idade sob influência do controle do mato	32
Gráfico 10 – Produtividade volumétrica de madeira e biomassa de mato.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Altura média aos 4,2 anos de idade sob efeito do preparo do solo.....	21
Tabela 2 – DAP médio aos 4,2 anos de idade sob efeito do preparo do solo.....	21
Tabela 3 – Altura média aos 4,2 anos de idade sob influência da adubação.....	24
Tabela 4 – DAP médio aos 4,2 anos de idade sob influência da adubação.....	25
Tabela 5 – Altura média aos 4,2 anos de idade sob influência do controle do mato	26
Tabela 6 – DAP médio aos 4,2 anos de idade sob influência do controle do mato.....	26
Tabela 7 – Biomassa de matocompetição - Gramíneas e mato total (Mg ha ⁻¹).....	28
Tabela 8 – Altura média aos 9 meses sem controle da matocompetição	28
Tabela 9 – Altura média aos 3,6 anos sob efeito do preparo do solo	29
Tabela 10 – DAP médio aos 3,6 anos sob efeito do preparo do solo	29
Tabela 11 – Altura das plantas aos 3,6 anos de idade sob influência da adubação.....	30
Tabela 12 – DAP das plantas aos 3,6 anos de idade sob influência da adubação	30
Tabela 13 – Altura das plantas (m) aos 3,6 anos de idade sob influência do controle do mato	31
Tabela 14 – DAP das plantas (cm) aos 3,6 anos de idade sob influência do controle do mato.....	31

LISTA DE ABREVIACÕES

DAP – Diâmetro na altura do peito

Preparo de solo:

M – Cultivo mínimo

S – Preparo superficial

P – Preparo profundo

Adubação:

A – Adubado

N – Não adubado

Controle da matocompetição:

CCM – Com controle da matocompetição

SCM – Sem controle da matocompetição

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	Descrição das áreas experimentais.....	16
3.2	Montagem do experimento	17
3.3	Método de amostragem da biomassa de matocompetição	18
3.3.1	Coleta da matocompetição – Paraná.....	19
3.3.2	Coleta da matocompetição – Santa Catarina.....	19
3.4	Inventário florestal das áreas	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1	Sítio do Paraná.....	21
4.1.1	Preparo de Solo	21
4.1.2	Adubação	24
4.1.3	Controle da matocompetição	25
4.1.4	Análise da biomassa de matocompetição.....	26
4.2	Sítio de Santa Catarina	28
4.2.1	Preparo de Solo	28
4.2.2	Adubação	30
4.2.3	Controle de Mato	31
4.2.4	Análise da biomassa de matocompetição.....	32
5	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A utilização de espécies florestais exóticas desempenha importante papel na silvicultura brasileira, uma vez que a exploração de florestas nativas se mostrou inviável para grande parte dos setores de base florestal no país. Segundo Kronka, Bertolani e Ponce (2005), o principal motivo da inserção do gênero *Pinus* no Brasil foi o abastecimento industrial, com foco na produção de madeira serrada, madeira laminada, fabricação de painéis e produção de papel e celulose.

O Instituto Federal de São Paulo liderou os primeiros estudos realizados com o gênero *Pinus* (espécies subtropicais), no ano de 1936. Conforme Mirov (1967), o gênero apresenta mais de 100 espécies, sendo as mais plantadas no Brasil o *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* Engelm (LAMBERT, 2018).

A criação da lei dos incentivos fiscais intensificou o reflorestamento de *Pinus* na região sul do Brasil durante a segunda metade da década de sessenta (FERREIRA *et al.*, 2001). Esse aumento nos plantios trouxe a necessidade de se conhecer melhor as exigências silviculturais da espécie para que se alcançasse maior rendimento das áreas produtivas.

De acordo com o relatório anual da Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ (2020), o país alcançou em 2019 um total de 9 milhões de hectares em florestas plantadas, sendo deste total, 18% de *Pinus* (1,64 milhão de hectares). A maior parte dos plantios do gênero (87%) estão localizados na região sul do país, com o estado do Paraná na liderança entre os demais estados. Os plantios de *Pinus* no Brasil alcançaram uma produtividade média anual de 31,3 m³/ha.ano em 2019.

A interação de cada espécie com o manejo silvicultural e as condições edafoclimáticas do Brasil podem resultar em diferentes expressões de produtividade. O manejo silvicultural voltado para o crescimento da espécie plantada pode também favorecer o desenvolvimento de outras espécies, que neste caso são consideradas plantas invasoras ou daninhas. O fenômeno da matocompetição é muito comum no Brasil, principalmente antes do fechamento de copa do povoamento.

Aliada ao foco de maior produção dos plantios está sempre a preocupação com o custo financeiro envolvido nas operações, que pode se elevar à medida em que se aumenta a intensidade e periodicidade de interferências nos talhões de plantio. A adubação, o preparo de solo e a matocompetição podem ter influência direta na produtividade do plantio florestal, uma vez que a disponibilidade de recursos necessários ao desenvolvimento está atrelada a estes fatores. O objetivo deste trabalho é avaliar a relação entre produtividade do *Pinus taeda* e *Pinus*

maximinoi com os níveis de matocompetição (controle total e sem controle), sob influência de diferentes modalidades e intensidades de manejo silvicultural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O início do desenvolvimento de uma floresta (seja por meios naturais ou artificiais) é muito importante para seu estabelecimento. A disponibilidade adequada de água, luz, nutrientes e espaço para desenvolvimento são os princípios básicos iniciais.

Quando se trata de uma floresta natural, as relações entre as próprias espécies do ambiente regulam as competições por estes recursos, ocasionando uma evolução ecossistêmica. Já uma floresta plantada voltada para produção, a intenção é obter o máximo de produtividade de uma determinada espécie sem interferências negativas de outras. Segundo Pellens et al. (2018), “De todas as práticas silviculturais adotadas visando à alta produtividade, o controle de plantas daninhas é uma das mais efetuadas, especialmente no primeiro e segundo ano após o plantio”.

Pitelli (1987) cita Blanco (1972), que define como planta daninha “toda e qualquer planta que germine espontaneamente em áreas de interesse humano e que, de alguma forma, interfira prejudicialmente nas atividades agropecuárias do homem”. Ainda Pitelli (1987), argumenta que as plantas daninhas possuem atributos de plantas pioneiras, com alta agressividade, capacidade de germinação descontínua, adaptações para disseminação a curta e longa distância, além de rápido crescimento vegetativo e florescimento. Características estas que as tornam extremamente competitivas pelos recursos de sobrevivência.

Em regiões de solo de várzea na Argentina, com plantio realizado em camalhões, Cantarelli et al. (2006), observaram que a sobrevivência de *Pinus taeda* não foi afetada pela matocompetição, mas relataram ganhos significativos no desenvolvimento inicial em altura (58,7%), diâmetro do colo (103,4%) e fator de produtividade (557%), do tratamento com controle do mato em relação à testemunha sem controle. Estes resultados foram do tratamento em que o controle do mato foi realizado nos dois primeiros anos do plantio, que também demonstrou superioridade em relação ao tratamento realizado apenas no primeiro ano. Não foi constatada diferença entre o controle em área total e o controle apenas na linha de plantio (camalhão). Entretanto, esses mesmos autores citaram Fox (2000), que ao analisar a mesma espécie com oito anos de idade em plantios nos Estados Unidos em convívio com herbáceas e arbustivas, não encontrou diferença entre um ou dois períodos de controle. Este último estudo citado mostrou uma produtividade de 14 m³ha⁻¹ da testemunha (sem controle do mato), contra 40 m³ha⁻¹ no melhor tratamento com controle.

Pellens et al. (2018), avaliaram a resposta produtiva do *Pinus taeda* em Rio Negro – PR ao longo de 24 meses, com tratamentos em que a matocompetição foi controlada aos 2, 4, 6, 8,

10 e 12 meses após o plantio. A altura das mudas não foi influenciada pelo período de convivência com o mato e assim como observado por Cantarelli et al. (2006), a taxa de sobrevivência não foi afetada estatisticamente. Ao final do experimento (24 meses), os tratamentos com controle da matocompetição mais precoce, apresentaram maior biomassa de mato, enquanto que o tratamento com controle mais tardio (12 meses), apresentou maior número de espécies e famílias botânicas. O tratamento com o controle total foi superior em 23% no diâmetro do colo e 82,4% no fator de produtividade em relação à testemunha. Seguido do tratamento com controle do mato mais tardio (12 meses), que também apresentou resposta positiva.

O adequado equilíbrio nutricional é essencial para o funcionamento fisiológico da planta. Caso os nutrientes demandados não se encontrem disponíveis no solo, a adubação se faz necessária. “A rapidez de crescimento e ausência de sintomas de deficiências, particularmente nas primeiras rotações, condicionaram a ideia de que as plantações de *Pinus* dispensariam a prática da fertilização mineral” (FERREIRA, 2001). A retranslocação de nutrientes pode causar essa falsa impressão. Ainda Ferreira (2001), cita Menegol (1991) que associa o baixo crescimento em altura de *Pinus elliottii* em Telêmaco Borba com baixos teores de Mg e Zn nas acículas.

Plantas com 19 meses de idade em Cambissolo Humico alumínico típico na região de Cambará do Sul – RS, apresentaram correlação linear e quadrática de volume cilíndrico frente à aplicação de P (VOGEL et al., 2005).

Silva et al. (2003) relataram resposta positiva na produção de biomassa seca (142% em relação à testemunha) de *Pinus taeda*, quando adubado com N, P, K, Mg e Zn nas condições de solo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico, em Arapoti – PR.

Assim como a fertilidade, as condições físicas do solo também podem alterar a produtividade do *Pinus*. De acordo com Bellote e Dedecek (2006), “As variações no crescimento do *Pinus taeda* são afetadas pela água disponível e a resistência do solo à penetração das raízes”. Sendo que a água disponível pode estar diretamente ligada à condição física do solo. Em uma pesquisa realizada com *Pinus taeda* na região de Telêmaco Borba – PR, Rigatto et al. (2005), observaram que a densidade global do solo se correlacionou negativamente com o crescimento em altura da espécie, enquanto que a porosidade total se correlacionou positivamente com esta variável dendrométrica.

“Restrições físicas, deficiência hídrica, compactação e impedimentos físicos do solo são situações que reduzem a expressão dos efeitos das propriedades químicas nos solos sobre o crescimento de *Pinus taeda*” (BELLOTE, 2006).

O estudo destas práticas silviculturais combinadas e/ou de forma separada esclarece como a produtividade do *Pinus* pode ser afetada por estas condições.

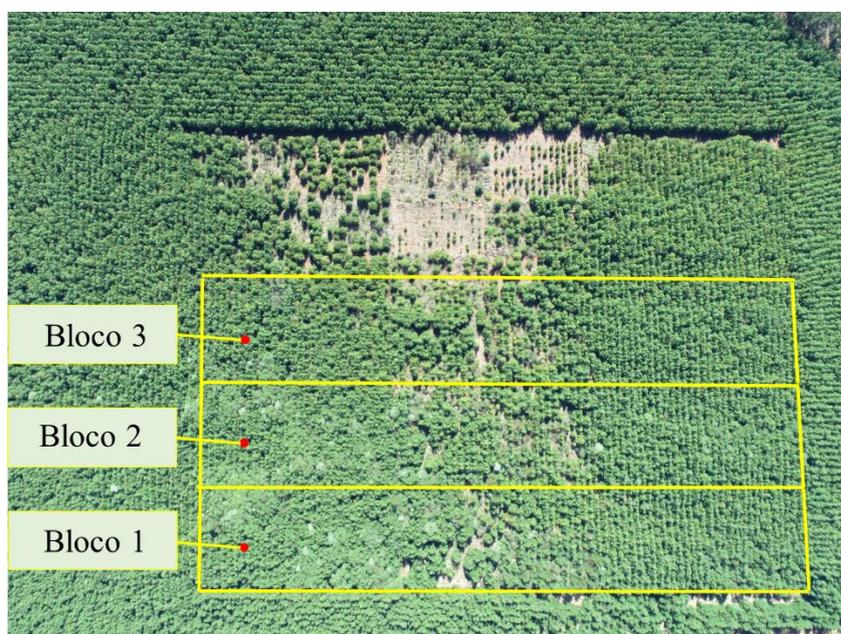
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição das áreas experimentais

O experimento foi conduzido em áreas experimentais da empresa Klabin, nas cidades de Telêmaco Borba – Paraná, onde a espécie utilizada foi o *Pinus maximinoi* e Otacílio Costa – Santa Catarina, onde a espécie utilizada foi *Pinus taeda*. Ambas as áreas experimentais com 7,37 hectares, sendo cada parcela de 0,156 hectares ou 1560 m².

O município de Telêmaco Borba possui um clima caracterizado como transicional, entre subtropical úmido (Cfa) e clima oceânico temperado (Cfb), segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR, 2019). A uma altitude de 768 metros, a temperatura média anual é de 18,6 °C, sendo a temperatura média do mês mais frio 13,8 °C (julho), ocorrendo geadas, e do mês mais quente 22,5 °C (janeiro). A precipitação média anual é de 1.646 mm, com 148 dias de chuva (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ – IDR-Paraná, 2015). O solo é formado por latossolo vermelho argiloso.

Figura 1 – Imagem aérea da área experimental no Paraná.



Fonte: Klabin (2020).

O município de Otacílio Costa possui altitude média de 841 m e segundo a classificação de Köppen, o clima é classificado como mesotérmico subtropical úmido (Cfb), com verões frescos, não apresentando estação seca definida (PEREIRA et al., 2020). Dados de uma estação

meteorológica próxima apontaram uma precipitação média anual de 1.808 mm, distribuídos em 124 dias de chuva com temperatura média anual de 17,8 °C (MENDES et al., 2016). O solo é classificado como cambissolo húmico argiloso.

Figura 2 – Imagem aérea da área experimental em Santa Catarina.

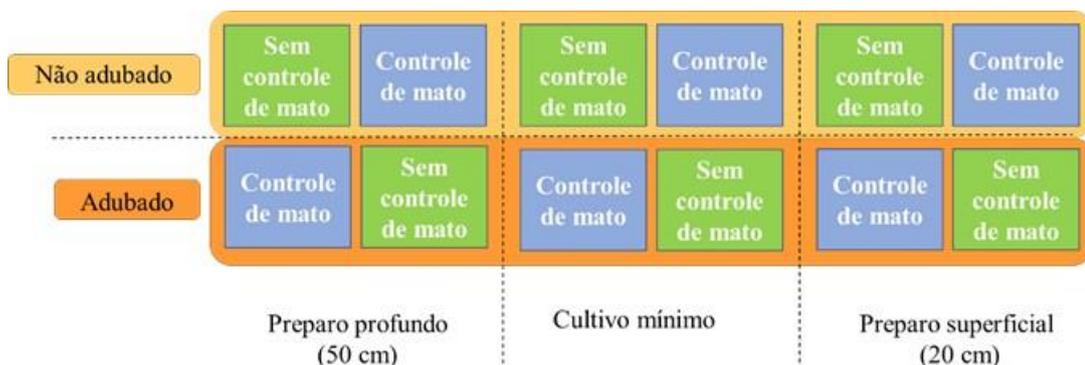


Fonte: Klabin (2020).

3.2 Montagem do experimento

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados (DBC) fatorial triplo: 3 níveis de preparo de solo (cultivo mínimo, subsolagem superficial (20 cm) e subsolagem profunda (50 cm)); 2 níveis de controle de mato (controle total e constante e sem nenhum controle) e 2 níveis de adubação (adubado e não adubado) com 3 repetições por tratamento, totalizando 36 parcelas em cada sítio. A adubação foi realizada com NPK (N, P₂O₅, K₂O) em uma proporção de 10-101-14 kg/ha, respectivamente. As parcelas foram dimensionadas com 16 linhas x 16 plantas (256 plantas por parcela), utilizando como parcela de borda 4 linhas e 4 árvores no entorno de cada tratamento, deixando a parcela útil com 12 linhas e 12 plantas.

Figura 3 – Modelo esquemático do bloco experimental.



Fonte: Do autor (2020).

3.3 Método de amostragem da biomassa de matocompetição

A amostragem do mato foi realizada na parcela útil de forma sistemática, em três pontos distintos, com auxílio de um gabarito de 1 metro x 1 metro, totalizando três metros quadrados de área coletada por parcela.

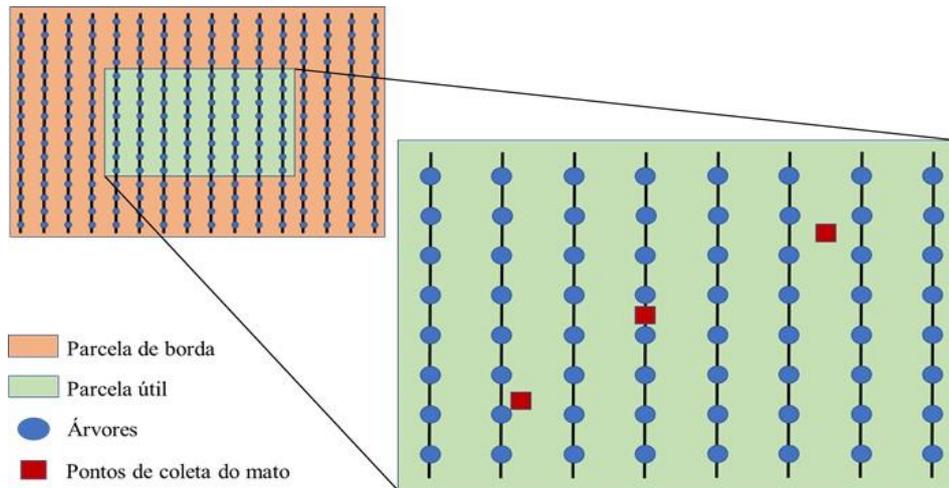
Figura 4 – Amostragem da biomassa de matocompetição.



Fonte: Do autor (2020).

As diferentes posições de coleta do mato tiveram a finalidade de retirar o efeito espacial de desenvolvimento dentro da parcela. A primeira coleta foi realizada na base da segunda árvore da segunda linha na parcela útil, com o gabarito encostando um de seus vértices na mesma. A segunda coleta foi realizada entre a quarta e quinta árvore da quarta linha. A terceira coleta foi realizada na entrelinha, entre a sexta e sétima linha e entre a sexta e sétima árvore da linha. O direcionamento do gabarito foi padronizado para os três pontos, fazendo um ângulo de 90° entre a linha e a entrelinha.

Figura 5 – Modelo esquemático da parcela experimental.



Fonte: Do autor (2020).

Em ambos os sítios o material foi coletado e armazenado em sacos de papel para secagem em estufa de ventilação forçada até peso constante.

3.3.1 Coleta da matocompetição – Paraná

O trabalho de coleta foi realizado em janeiro de 2020, quando o plantio estava com 50 meses ~ 4,2 anos de idade. Todo o mato presente na projeção vertical do gabarito foi coletado (até o topo do dossel). Em algumas parcelas, a matocompetição atingiu o porte arbóreo. Quando necessário, foi utilizado podão para coleta da parte aérea das árvores invasoras. O fuste das árvores de grande porte (inviáveis de serem coletados), foram pesados em campo. Para aferição da massa seca total, foram coletados discos no terço inferior e superior, na média de 5 cm de espessura. Estes discos foram pesados úmidos e secos para obtenção da umidade média e assim se conhecer a massa seca total da árvore. A biomassa de mato coletada foi subdividida em gramínea total, mato total (inclui gramíneas, herbáceas e arbustivas) e mato total com arbóreas (inclui no mato total a biomassa das árvores de grande porte que foram pesadas em campo).

3.3.2 Coleta da matocompetição – Santa Catarina

O trabalho de coleta foi realizado em fevereiro de 2020, quando o plantio estava com 52 meses ~ 4,3 anos de idade. Todo o mato presente na projeção vertical do gabarito foi coletado até 2 metros de altura. Quando galhos estavam com sua base até 2 metros de altura, mas se projetavam para altura superior à esta, eles também foram coletados. Neste sítio as daninhas de grande porte arbóreo não foram derrubadas e pesadas como no Paraná, embora havia presença

delas em algumas parcelas. A biomassa de mato coletada foi subdividida em gramínea total e mato total (inclui gramíneas, herbáceas e arbustivas).

3.4 Inventário florestal das áreas

A produtividade foi obtida através de inventários florestais quantitativos realizados por equipes especializadas da empresa Klabin. No sítio do Paraná, foram realizados três inventários, sendo o primeiro em agosto de 2016 (9 meses de idade do plantio ~ 0,8 anos), o segundo em novembro de 2018 (37 meses ~ 3,1 anos de idade) e o último em dezembro de 2019 (50 meses ~ 4,2 anos de idade). No sítio de Santa Catarina, foram realizados dois inventários, em dezembro de 2016 (13 meses de idade ~ 1,1 anos) e o último em junho de 2019 (43 meses ~ 3,6 anos). Nos inventários em ambos os sítios, foram medidos altura e diâmetro, sendo diâmetro do coleto na primeira medição e DAP nas demais.

O volume médio foi calculado pela fórmula $V = H * (\text{Pi} * \text{DAP}^2 / 40.000) * 1600 * 0,4$

$V = \text{Volume} / \text{hectare}$; $H = \text{Altura total}$; $\text{DAP} = \text{Diâmetro na altura do peito}$

O volume de cada indivíduo foi extrapolado para hectare e posteriormente realizada uma média dos valores encontrados para as árvores medidas na parcela.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sítio do Paraná

4.1.1 Preparo de Solo

Aos 4,2 anos de idade do plantio, as plantas que cresceram sem preparo do solo demonstraram um desempenho em altura inferior em relação às aquelas que se desenvolveram em parcelas com algum nível de subsolagem.

Tabela 1 – Altura média aos 4,2 anos de idade sob efeito do preparo do solo (M – Cultivo mínimo; P – Preparo profundo; S – Preparo Superficial).

Preparo de solo	Altura (m)
S	10,01 a
P	9,95 a
M	8,20 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

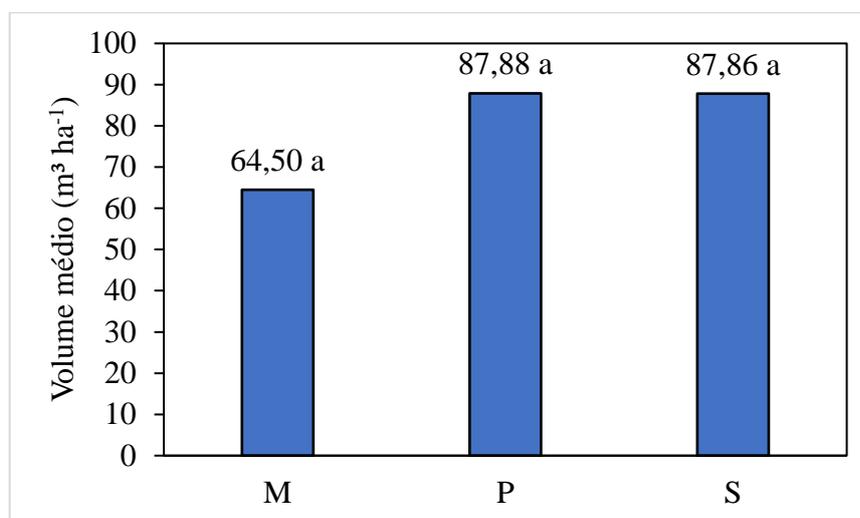
Para as médias de volume e DAP, aos 4,2 anos de idade o preparo de solo não causou diferença estatística, porém as médias dos tratamentos com preparo do solo se mostraram superiores em relação ao tratamento com cultivo mínimo.

Tabela 2 – DAP médio aos 4,2 anos de idade sob efeito do preparo do solo (M – Cultivo mínimo; P – Preparo profundo; S – Preparo Superficial).

Preparo de solo	DAP (cm)
M	11.52
P	12.16
S	12.60

De acordo com o teste F, as médias não podem ser consideradas diferentes.
Fonte: Do autor (2020).

Gráfico 1 – Volume médio ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) aos 4,2 anos de idade sob efeito do preparo do solo (M – Cultivo mínimo; P – Preparo profundo; S – Preparo Superficial).



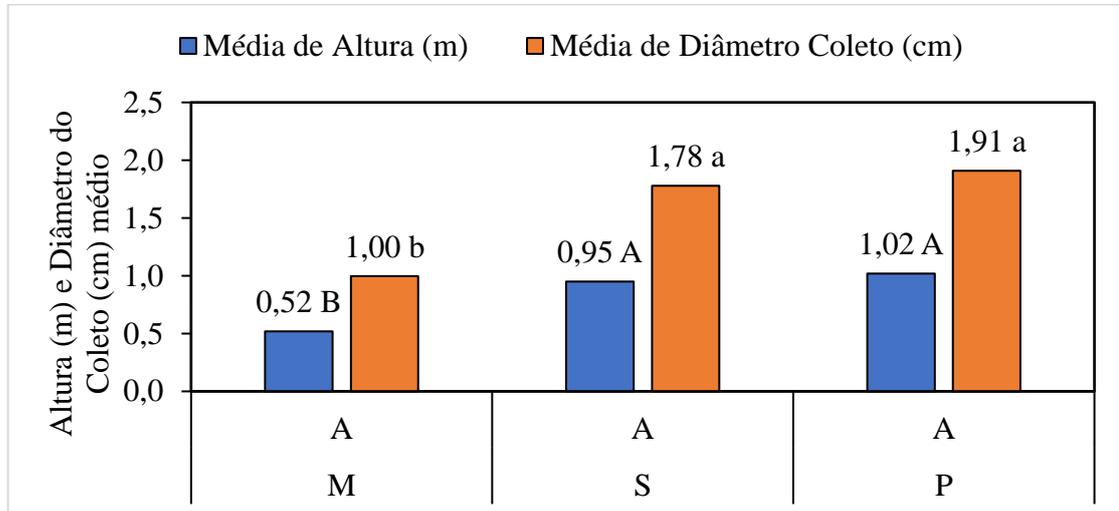
As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2020).

Os valores médios de volume foram superiores com o preparo do solo, apesar de não ter ocorrido significância estatística.

No início de desenvolvimento das plantas, a adubação se mostrou eficiente apenas quando aliada ao preparo do solo. No preparo profundo e superficial, as mudas atingiram 1,02 e 0,95 m de altura, respectivamente, enquanto que o tratamento sem preparo nenhum, apenas 0,52 m. O diâmetro do coleto também demonstrou resposta positiva, sendo a média dos tratamentos do preparo profundo quase o dobro da média daqueles sem preparo de solo. Este resultado sugere que as plantas puderam ter mais acesso aos recursos disponíveis no solo nos tratamentos em que as barreiras físicas se tornaram menores devido à intervenção do subsolador.

Gráfico 2 – Altura e diâmetro do coleto de mudas adubadas sob influência de preparos de solo aos 9 meses de idade.

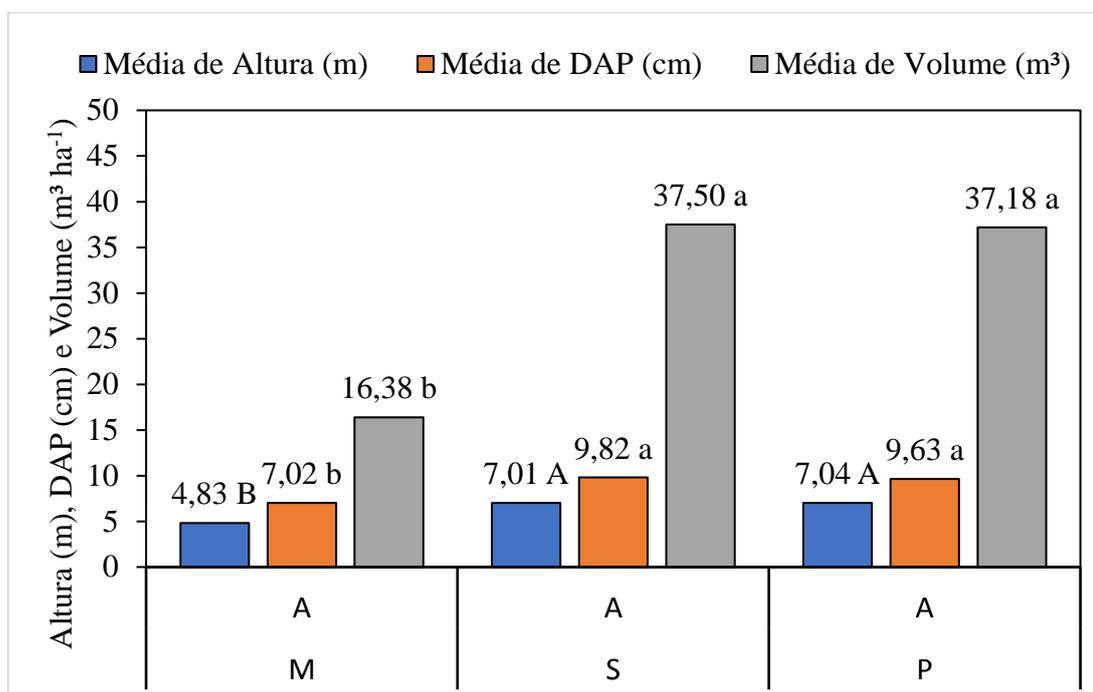
(A – Adubado; M – Cultivo mínimo; P – Preparo profundo; S – Preparo Superficial).



As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

Aos 3,1 anos a adubação continua sendo dependente do preparo de solo para que cause aumento significativo na altura, diâmetro e desta vez, o volume que foi quantificado. O ganho foi em mais de 2 metros de altura e até 129 % em volume nos tratamentos onde a adubação foi combinada com o preparo do solo.

Gráfico 3 – Produtividade das plantas adubadas sob influências de preparo de solo (A – Adubado; M – Cultivo mínimo; P – Preparo profundo; S – Preparo Superficial).



As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

4.1.2 Adubação

O DAP e volume das plantas aos 4,2 anos de idade tiveram ganhos com a aplicação da adubação, apresentando diferença estatística entre os tratamentos adubados e não adubados. A altura das plantas não foi alterada estatisticamente pela adubação.

Tabela 3 – Altura média aos 4,2 anos de idade sob influência da adubação (A – Adubado; N – Não adubado).

Adubação	Altura (m)
A	9.71
N	9.06

De acordo com o teste F, as médias não podem ser consideradas diferentes.
Fonte: Do autor (2020).

Tabela 4 – DAP médio aos 4,2 anos de idade sob influência da adubação

(A – Adubado; N – Não adubado).

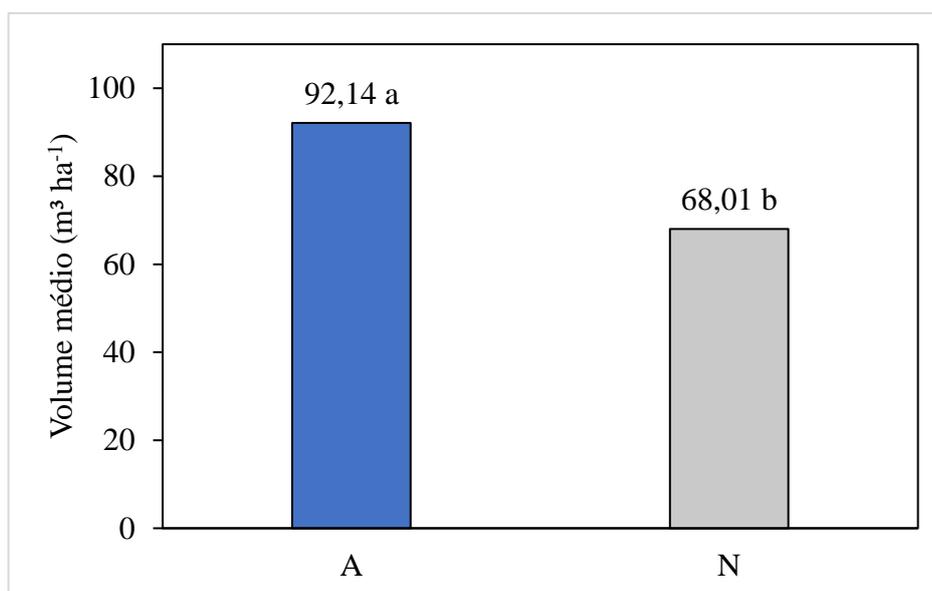
Adubação	DAP
A	12,79 a
N	11,4 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2020).

Gráfico 4 – Volume médio ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) aos 4,2 anos de idade sob influência da adubação

(A – Adubado; N – Não adubado).



As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2020).

4.1.3 Controle da matocompetição

O controle do mato gerou efeito positivo para todas as variáveis de produtividade mensuradas no plantio. Aos 4,2 anos de idade, o mato desenvolvido nas parcelas sem controle demonstrou que a competitividade por recursos pode prejudicar produtividade do *Pinus maximinoii*. As plantas que se desenvolveram sem a presença da matocompetição apresentaram superioridade de 52,5% em volume.

Tabela 5 – Altura média aos 4,2 anos de idade sob influência do controle do mato (CCM – Com controle do mato; SCM – Sem controle do mato).

Tratamento	Altura (m)
CCM	9,85 a
SCM	8,92 b

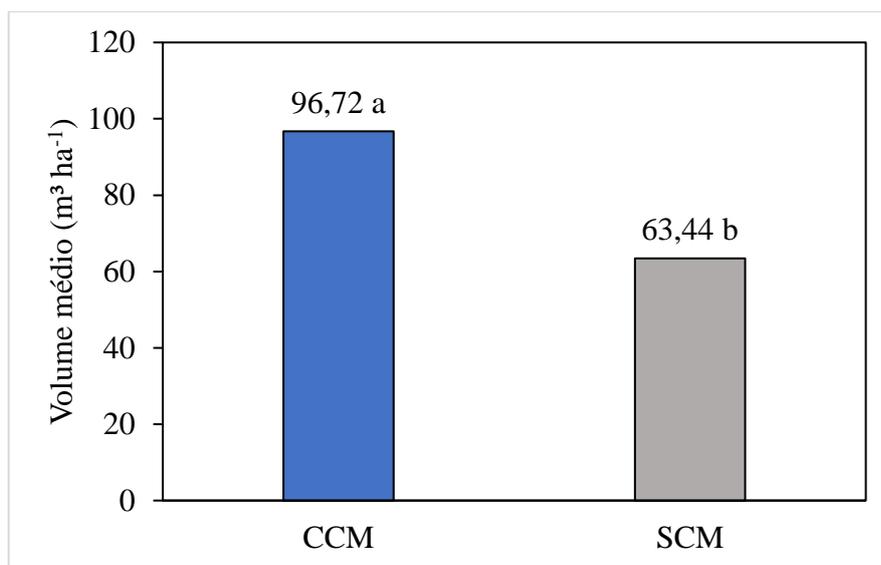
As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

Tabela 6 – DAP médio aos 4,2 anos de idade sob influência do controle do mato (CCC – Com controle do mato; SCM – Sem controle do mato).

Tratamento	DAP (cm)
CCM	13,28 a
SCM	10,91 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

Gráfico 5 – Volume médio ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) aos 4,2 anos de idade sob influência do controle do mato (CCM – Com controle do mato; SCM – Sem controle do mato).

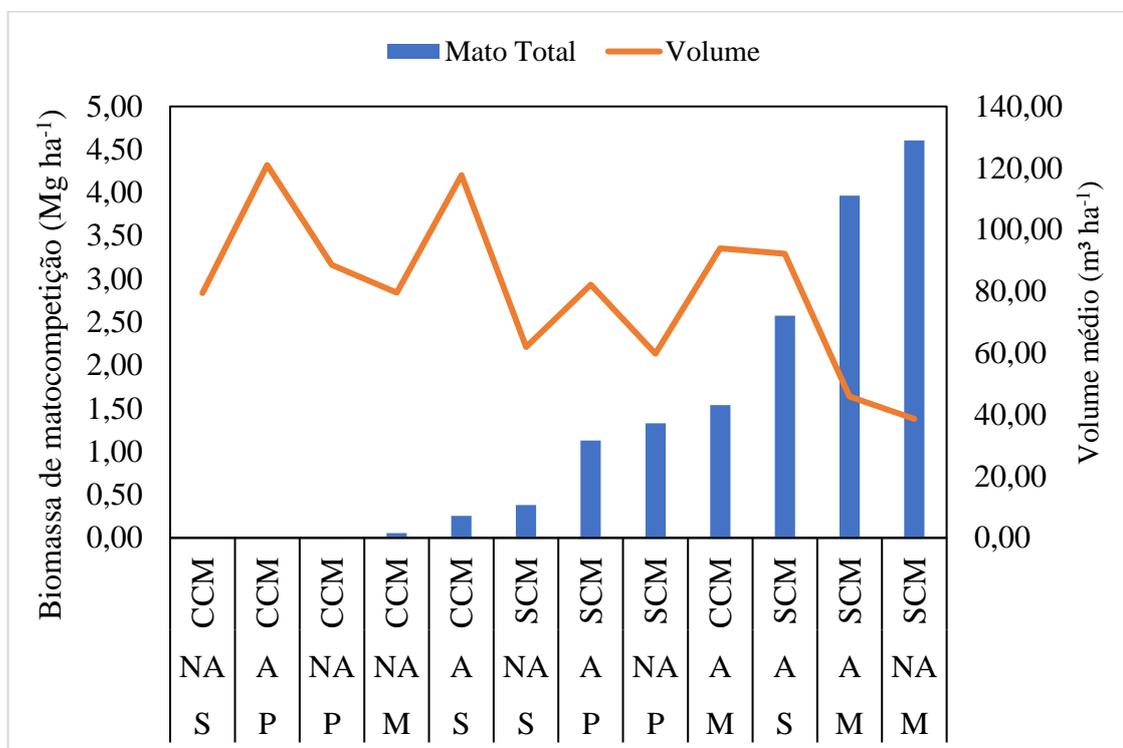


As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

4.1.4 Análise da biomassa de matocompetição

Os dois tratamentos com maior quantidade de biomassa de matocompetição foram aqueles sem preparo nenhum do solo. Quando se analisa a produtividade, estes foram os tratamentos com menor desempenho, mostrando que a quantidade de biomassa de plantas daninhas desenvolvida nas parcelas pode afetar a produtividade do *Pinus maximinoi*.

Gráfico 6 – Produtividade volumétrica de madeira e biomassa de mato aos 4,2 anos de idade do plantio.



Fonte: Do autor (2020).

(CCM – Com controle do mato; SCM – Sem controle do mato; A – Adubado; NA – Não adubado; P – Preparo profundo; S – Preparo superficial; M – Cultivo mínimo).

Os tratamentos sem controle da matocompetição apresentaram uma média de 0,46 Mg ha⁻¹ de gramínea, 2,33 Mg ha⁻¹ de mato total e quando incluída a porção arbórea, um total de 9,59 Mg ha⁻¹. O preparo do solo, seja ele superficial (20 cm) ou profundo (50 cm), diminuiu de forma expressiva o desenvolvimento da biomassa de gramínea e mato total em relação ao tratamento sem preparo de solo (cultivo mínimo). Quando incluída a porção arbórea na análise, o preparo do solo não mostrou diferença estatística.

Tabela 7 – Biomassa de matocompetição - Gramíneas e mato total (Mg ha⁻¹)

(M – Cultivo mínimo; P – Preparo profundo; S – Preparo Superficial).

Preparo de solo	Biomassa de Gramínea	Biomassa de Mato Total
M	0,83 a	2,54 a
S	0,08 b	0,80 b
P	0,01 b	0,62 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

A diminuição na biomassa de daninhas nos tratamentos com preparo do solo, pode ser explicada pelo maior desenvolvimento em altura das plantas de *Pinus maximinoii* nestes tratamentos. O sombreamento do solo causa forte influência na diminuição da biomassa de mato em um plantio florestal, principalmente nos seus primeiros meses de desenvolvimento. “A convivência entre a matocompetição e as mudas de *Pinus*, afeta diretamente o crescimento em altura, pelo efeito do estiolamento causado por estas” (PELLENS et al., 2018).

Sem o controle da matocompetição, quanto mais profundo o preparo do solo, maior a resposta de crescimento em altura das mudas aos 9 meses de idade.

Tabela 8 – Altura média aos 9 meses sem controle da matocompetição

(P – Preparo profundo; S – Preparo superficial; M – Cultivo mínimo).

Preparo de solo	Altura
P	1,01 a
S	0,86 b
M	0,54 c

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

4.2 Sítio de Santa Catarina

4.2.1 Preparo de Solo

O preparo de solo foi significativo apenas no primeiro ano do plantio, demonstrando o efeito de transição para este tratamento silvicultural, onde as plantas respondem apenas em certo período de desenvolvimento e com o passar do tempo o efeito do desempenho não é mais significativo.

Tabela 9 – Altura média aos 3,6 anos sob efeito do preparo do solo
(M – Cultivo mínimo; P – Preparo profundo; S – Preparo Superficial).

Preparo de solo	Altura (m)
M	6,53
P	6,87
S	6,84

De acordo com o teste F, as médias não podem ser consideradas diferentes.
Fonte: Do autor (2020).

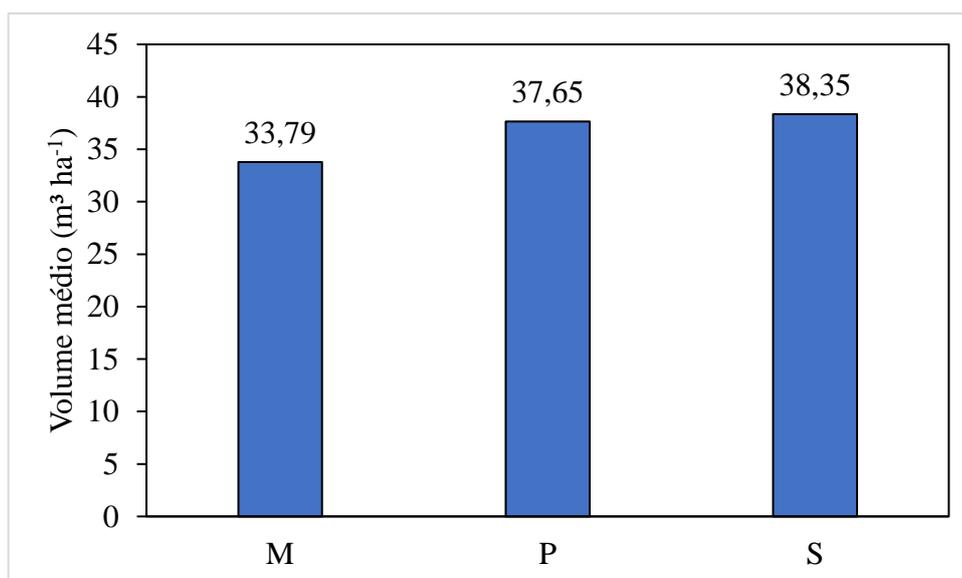
Tabela 10 – DAP médio aos 3,6 anos sob efeito do preparo do solo
(M – Cultivo mínimo; P – Preparo profundo; S – Preparo Superficial). (continua)

Preparo de solo	DAP (cm)
M	9,44
P	9,61
S	9,77

De acordo com o teste F, as médias não podem ser consideradas diferentes.

Não houve diferença estatística no volume quando se preparou o solo, apesar de que as médias foram superiores. (Gráfico 8)

Gráfico 7 – Volume médio ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) aos 3,6 anos de idade sob efeito do preparo do solo
(M – Cultivo mínimo; P – Preparo profundo; S – Preparo Superficial).



Fonte: Do autor (2020).

4.2.2 Adubação

A adubação não foi significativa para nenhum dado de produtividade mensurado. Esse resultado pode estar relacionado ao teor de nutrientes já disponível no solo.

Tabela 11 – Altura das plantas aos 3,6 anos de idade sob influência da adubação

(A – Adubado; N – Não adubado).

Tratamento	Altura (m)
A	6,85
N	6,65

De acordo com o teste F, as médias não podem ser consideradas diferentes.

Fonte: Do autor (2020).

Tabela 12 – DAP das plantas aos 3,6 anos de idade sob influência da adubação

(A – Adubado; N – Não adubado).

Tratamento	DAP (cm)
A	9,85
N	9,36

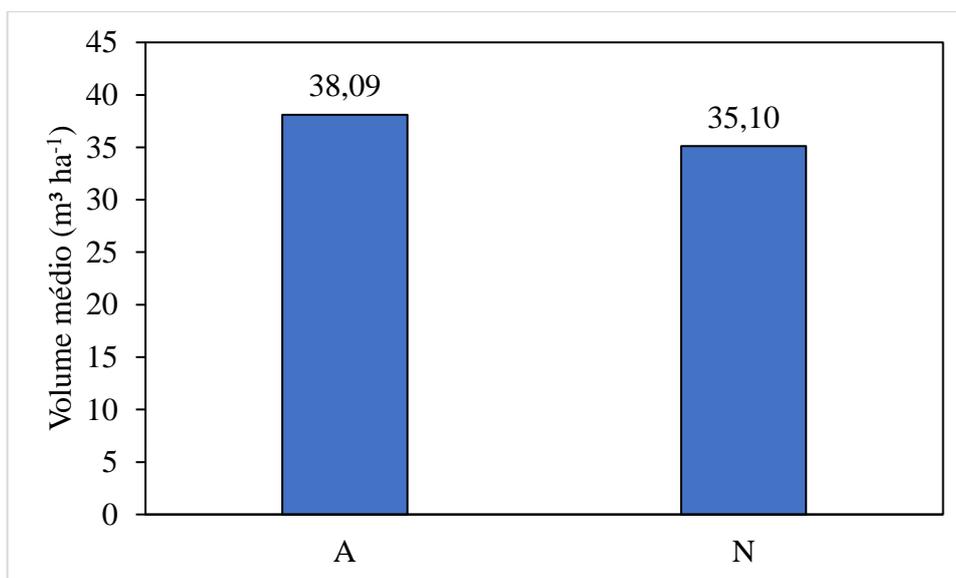
De acordo com o teste F, as médias não podem ser consideradas diferentes.

Fonte: Do autor (2020).

Não houve diferença estatística no volume quando se adubou o solo, apesar de que a média foi superior no tratamento adubado. (Gráfico 9)

Gráfico 8 – Volume médio ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) aos 3,6 anos de idade sob efeito da adubação

(M – Cultivo mínimo; P – Preparo profundo; S – Preparo Superficial).



Fonte: Do autor (2020).

4.2.3 Controle de Mato

O controle da matocompetição se mostrou efetivo para todas as variáveis de produtividade mensuradas. Os tratamentos que se desenvolveram sem a matocompetição alcançaram o dobro de produtividade volumétrica (Gráfico 10). Estes resultados demonstram a importância e a efetividade do controle das plantas daninhas no plantio de *Pinus taeda*.

No início do desenvolvimento das plantas (1,1 ano), a adubação não surtiu efeito no crescimento das mudas (tanto em diâmetro do coleto, quanto em altura) quando elas se desenvolveram com presença de plantas daninhas. Este resultado evidencia a capacidade competitiva do mato por recursos.

Tabela 13 – Altura das plantas (m) aos 3,6 anos de idade sob influência do controle do mato (CCM – Com controle do mato; SCM – Sem controle do mato).

Tratamento	Altura (m)
CCM	7,15 a
SCM	6,34 b

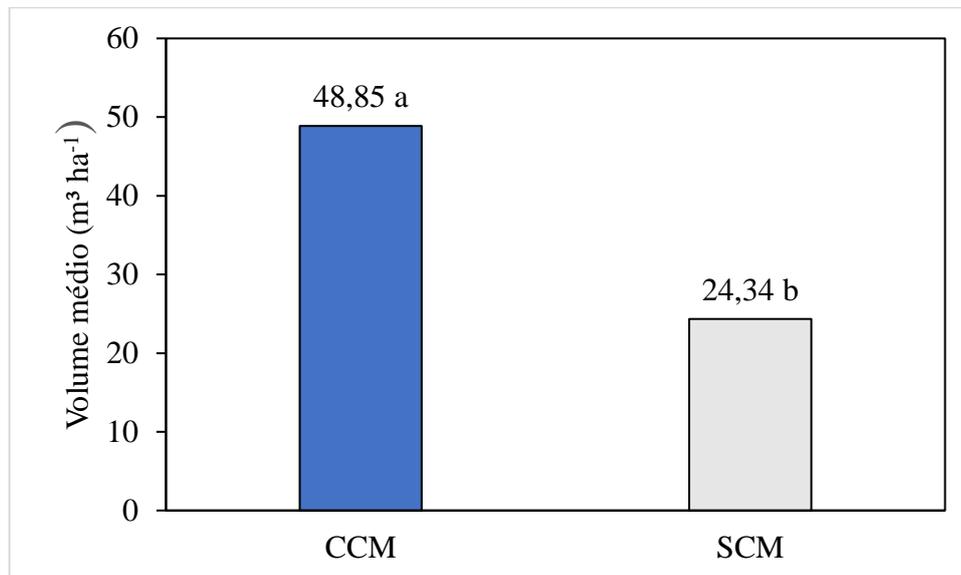
As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

Tabela 14 – DAP das plantas (cm) aos 3,6 anos de idade sob influência do controle do mato (CCM – Com controle do mato; SCM – Sem controle do mato).

Tratamento	DAP (cm)
CCM	11,38 a
SCM	7,83 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

Gráfico 9 – Volume médio ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) aos 3,6 anos de idade sob influência do controle do mato (CCM – Com controle do mato; SCM – Sem controle do mato).

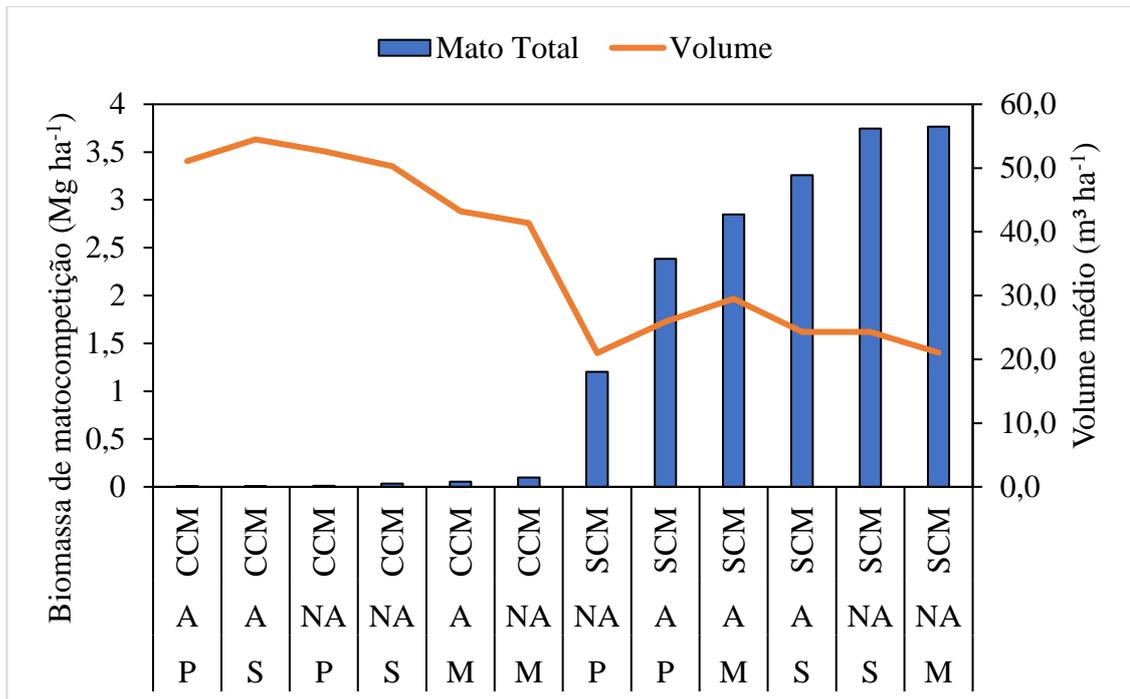


As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2020).

4.2.4 Análise da biomassa de matocompetição

Não houve interação estatística entre os tratamentos silviculturais de forma expressiva na biomassa de matocompetição. O único tratamento silvicultural que alterou o crescimento de biomassa de daninhas foi o próprio controle destas. As parcelas onde o mato foi controlado atingiram um total de $0,02 \text{ Mg ha}^{-1}$ de biomassa de gramínea e $0,04 \text{ Mg ha}^{-1}$ de mato total, enquanto que as parcelas sem controle atingiram uma média de $0,33 \text{ Mg ha}^{-1}$ de biomassa de gramínea e $2,87 \text{ Mg ha}^{-1}$ de mato total.

Gráfico 10 – Produtividade volumétrica de madeira e biomassa de mato.



Fonte: Do autor (2020).

(CCM – Com controle do mato; SCM – Sem controle do mato; A – Adubado; NA – Não adubado; P – Preparo profundo; S – Preparo superficial; M – Cultivo mínimo).

Este gráfico demonstra a importância do controle do mato neste sítio, uma vez que todos os tratamentos com controle demonstraram resultados superiores em produtividade. Quando se aumenta a biomassa de mato é possível ver a expressiva queda de incremento volumétrico nas parcelas. O preparo do solo, sendo ele superficial ou profundo, também demonstrou resultado positivo na produção.

5 CONCLUSÃO

Em ambos os sítios, a produtividade foi afetada pela presença da matocompetição.

No Paraná: os valores médios de volume foram superiores com o preparo do solo, apesar de não ter ocorrido significância estatística; o preparo de solo prejudicou o desenvolvimento do mato, que mostrou menor biomassa nesses tratamentos; a adubação foi dependente do preparo do solo para expressar efeito positivo na produtividade durante o início do desenvolvimento das plantas; aos 4,2 anos de idade, nos tratamentos adubados o volume foi superior em 35,5 % em relação aos não adubados; as plantas que se desenvolveram sem a presença da matocompetição apresentaram superioridade de 52,5% em volume.

Em Santa Catarina: dos tratamentos silviculturais aplicados, apenas o controle do mato conferiu ganhos significativos na produtividade; todos os tratamentos com controle total da matocompetição foram superiores em relação aos tratamentos que cresceram com presença do mato; as plantas de *Pinus taeda* que se desenvolveram sem a presença da matocompetição alcançaram o dobro de produtividade volumétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A. Atributos Físicos e Químicos do Solo e suas Relações com o Crescimento e Produtividade do *Pinus taeda*. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 53, p. 21-38, jul./dez. 2006.
- CANTARELLI, E. B. et al. Efeito do manejo de plantas daninhas no desenvolvimento inicial de *Pinus taeda* em várzeas na Argentina. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.711-718, abr., 2006.
- FERREIRA, C. A. et al. Nutrição de *Pinus* no Sul do Brasil – Diagnóstico e prioridades de pesquisa. **Embrapa Florestas**. Colombo. Documentos, 60. Novembro, 2001.
- IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores – Relatório 2020. São Paulo - SP/Brasília – DF, 2020.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: 2019. 1 atlas. Escalas variam. Disponível em: <<http://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>>. Acesso em: abr. 2021.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ - IAPAR-EMATER. **Dados Meteorológicos Históricos e Atuais**. Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Dados-Meteorologicos-Historicos-e-Atuais>>. Acesso em: abr. 2021.
- KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.
- LAMBERT, L. **Crescimento de diferentes espécies de Pinus spp. na região serrana de Santa Catarina**. 2018. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) -Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.
- MENDES, J. O. et al. Crescimento e produção de *Pinus taeda* L. sob diferentes espaçamentos. In: III MENSUFLO. **Anais...** Piracicaba: ago. 2016.
- MIROV, N. T. **The genus Pinus**. New York: Ronald Press, 1967. 602 p.
- PELLENS, G. C. et al. Influência da matocompetição em povoamentos jovens de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 495-504, abr.- jun., 2018.
- PEREIRA, G. S. et al. Water erosion in eucalyptus forest in the municipality of Otacílio Costa (SC). **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 44, e4419, out. 2020.
- PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.12, p.1 – 24, set.,1987.
- RIGATTO, P. A.; et. al., Influência dos atributos do solo sobre a produtividade de *Pinus taeda*. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.701-709, 2005.

SILVA, H. D. et al. Adubação mineral e seus efeitos na produção de biomassa em árvores de *Pinus taeda* L. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003. CD-ROM.

VOGEL, H. L. M. et. al., Crescimento inicial de *Pinus Taeda* l. relacionado a doses de N, P E K1. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 199-206. Junho, 2005.