

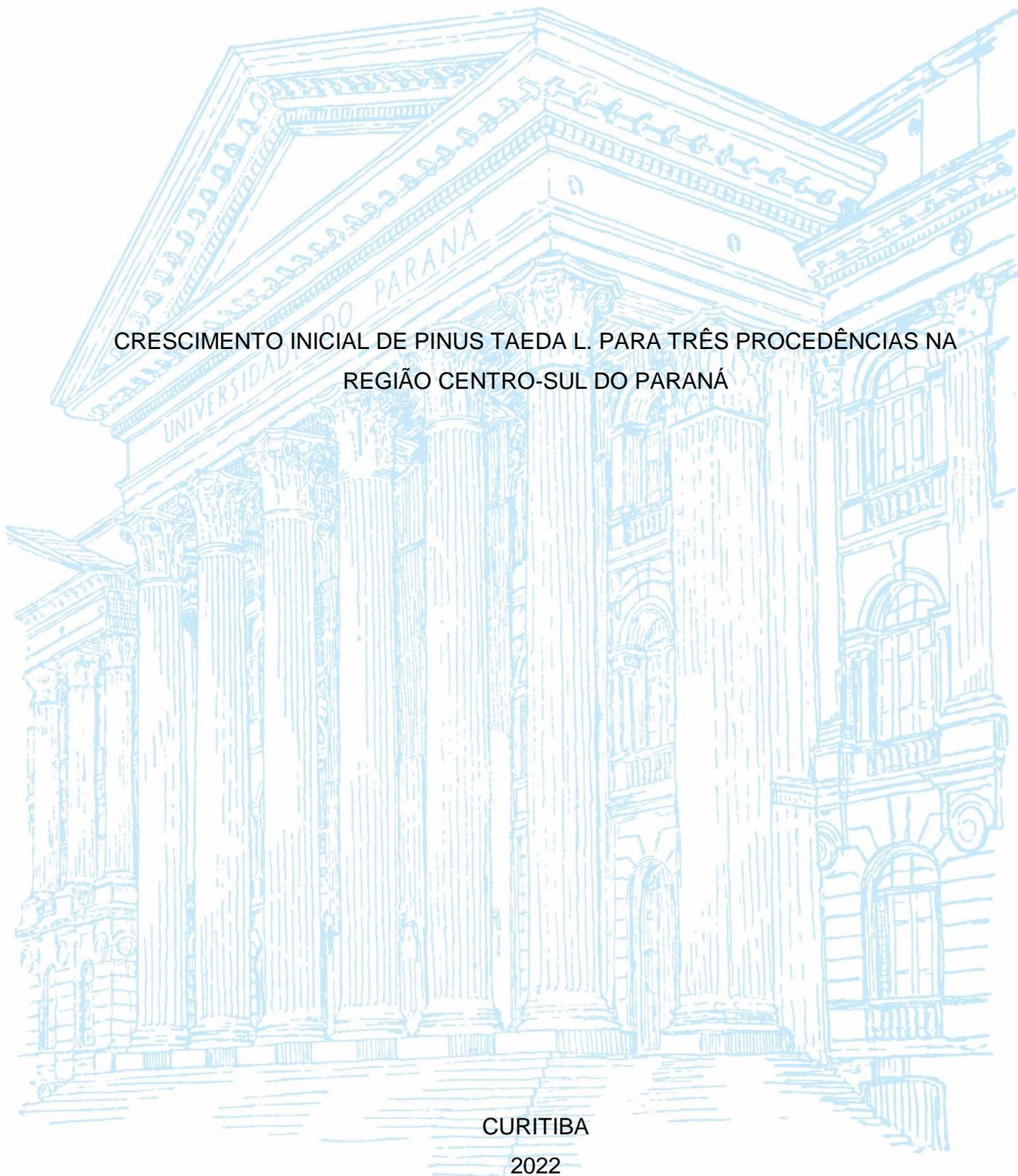
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUANE HELOISE SOEK

CRESCIMENTO INICIAL DE PINUS TAEDA L. PARA TRÊS PROCEDÊNCIAS NA
REGIÃO CENTRO-SUL DO PARANÁ

CURITIBA

2022



LUANE HELOISE SOEK

CRESCIMENTO INICIAL DE PINUS TAEDA L. PARA TRÊS PROCEDÊNCIAS NA
REGIÃO CENTRO-SUL DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Behling

Coorientador: Prof. Décio José de Figueiredo

CURITIBA

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e a Nossa Senhora Aparecida, pela vida e pela intercessão, por serem os guias em meu caminhar.

Agradeço aos meus pais Claudio e Jeanete Soek, pelo apoio emocional e financeiro durante todo este tempo, sem vocês nada disso seria possível. Aos meus irmãos Nathanael e Nicolli Soek pelos momentos de descontração e ajuda. A minha “bapka” Maria Soek pelas palavras de incentivo e sempre pronta para ouvir minhas histórias. Aos meus primos Gabriel e Elizabeth Soek, por terem me levado para realizar o vestibular da UFPR. A minha prima Érica Zielinski, as meninas da Zootecnia Érika Kind e Daiane Souza, a Maria Cecília por me acolherem e compartilharem a vida de vocês neste tempo que moramos juntas. E a toda minha família, primos, tios, que sempre estiveram presentes e me auxiliaram, principalmente na caça aos insetos e sementes para a coleção.

Agradeço ao meu companheiro Leon Lucas Mierzva, por todo o apoio, incentivo, ajuda e por partilhar a vida comigo. Aos meus sogros Leonel e Leocadia Mierzva, pelos conhecimentos e por me acolherem e receberem muito bem.

Agradeço aos amigos que fiz ao longo dessa jornada que vou levar sempre comigo, e que com toda certeza foram um alento para os momentos difíceis e tornaram a caminhada mais descontraída e feliz.

Agradeço aos meus professores, em especial meus orientadores, Alexandre Behling e Décio José de Figueiredo, pelos ensinamentos, auxílio, os cafezinhos e histórias que ficaram marcadas.

Por fim, agradeço a Universidade Federal do Paraná, pelas oportunidades, e conhecimentos adquiridos, que eu possa honrar a profissão que escolhi.

Em todas as coisas da natureza existe algo de maravilhoso.

(Aristóteles)

RESUMO

O manejo de recursos florestais, atualmente, tem como principal propósito atingir a máxima utilização em termos de produtividade e o máximo rendimento econômico, sendo que as atividades de manejo e planejamento florestal são fundamentais. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o crescimento inicial de três tipos de progênies (polinização aberta, polinização controlada e clone) de *Pinus taeda* L. em um plantio de três anos na região Centro-Sul do Paraná. Foram analisadas as taxas de sobrevivência entre as progênies, além de aspectos descritivos, como ocorrência de ataque de formigas, incidência de *Foxtail* e bifurcações. Por meio da Análise de Variância Multivariada (MANOVA) e Análise de discriminantes, as seguintes variáveis dendrométricas, foram analisadas: sobrevivência (%); DAP médio (cm), altura média (m), área basal (m²/há), volume (m³/há) e Incremento Médio Anual (IMA). Nos resultados obtidos para as médias de cada procedência para as variáveis avaliadas, obteve-se que as progênies de polinização controlada é a que apresenta os maiores valores para todas as variáveis estudadas, exceto para a variável sobrevivência, que se apresentou na ordem de 100% para progênies de polinização aberta. Como conclusão, pode-se dizer que houve diferenças significativas entre as progênies analisadas e recomenda-se a continuidade da coleta de dados para estudos posteriores.

Palavras-chave: Progênies. Análise de Variância Multivariada. Análise de discriminantes. Inventário Florestal.

ABSTRACT

Currently, the management of forest resources has as its main purpose to achieve maximum use in terms of productivity and maximum economic return, and forest management and planning activities are fundamental. The objective of this research was to evaluate the initial growth of three types of progenies (open pollination, controlled pollination and clone) of *Pinus taeda* L. in a three-year plantation in the Center-South region of Paraná. Survival rates among the progenies were analyzed, in addition to descriptive aspects such as the occurrence of ant attack, Foxtail incidence and bifurcations. Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) and Discriminant Analysis allowed the analysis of dendrometric data such as: survival (%), mean DBH (cm), mean height (m), basal area (m²/ha), volume (m³/ha) and Average Annual Increment (IMA). In the results obtained for the means of each provenance for the variables evaluated, it was found that the progenies of controlled pollination present the highest values for all the variables studied, with the exception of the variable plant survival, which was in the order of 100% for the open pollinated progenies. In conclusion, it can be said that there were significant differences between the analyzed progenies and it is recommended to continue data collection for further studies.

Keywords: Progenies. Multivariate Analysis of Variance. Discriminant analysis. Forest Inventory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Florestas de <i>Pinus</i> plantadas no Brasil em 2020. (A) Distribuição da área com plantios de <i>Pinus</i> spp. Por Estado; (B) Evolução da área com plantios de <i>Pinus</i> spp. Por estado no período entre 2014-2020.	20
Figura 2 – Localização da área de estudo.....	27
Figura 3 – Diferentes progênies de <i>Pinus taeda</i> com 3 anos de idade – A) Polinização aberta; B) Polinização controlada e C) Clone.....	28
Figura 4 – Croqui das parcelas.	29
Figura 5 – Estaca de orientação.....	30
Figura 6 – Croqui de uma unidade amostral.	30
Figura 7 – Linha do tempo da coleta de dados.....	31
Figura 8 – Resultados das funções discriminantes 1 e 2, por procedência, com os respectivos grupos centroides, para o conjunto de todas as variáveis avaliadas.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Taxa de ataque de formigas nas progênes.....	34
GRÁFICO 2 – Taxa de presença de <i>Foxtail</i> por progênie.	36
GRÁFICO 3 – Taxa de bifurcação por progênie.....	37
GRÁFICO 4 – Gráficos de resíduos dos modelos hipsométricos analisados.	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Informações sobre cada progênie avaliada.	28
TABELA 2 – Modelos hipsométricos testados.....	32
TABELA 3 – Taxas de sobrevivência de cada progênie.....	33
TABELA 4 – Estatística de precisão para as progênies avaliadas.	37
TABELA 5 – Resultados da análise de variância multivariada para o conjunto composto por todas as variáveis avaliadas.	39
TABELA 6 – Resultados referentes a porcentagem da variância total explicada pelas funções discriminantes obtidas, relativas aos autovalores encontrados e coeficientes de correlação canônica para cada uma das funções discriminantes encontradas.....	39
TABELA 7 – Resultados das correlações canônicas entre as variáveis originais avaliadas e as funções discriminantes obtidas.....	40
TABELA 8 – Resultados obtidos para os centroides de cada genótipo.	41
TABELA 9 – Resultados obtidos para as médias de cada procedência para as variáveis avaliadas.....	41
TABELA 10 – Resultados da Classificação.....	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA.....	17
2 OBJETIVOS	18
2.1.1 Objetivo geral.....	18
2.1.2 Objetivos específicos	18
3 REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1 <i>PINUS TAEDA L.</i>	19
3.2 DIFERENTES TIPOS DE MATERIAL GENÉTICO: ORIGEM, PROCEDÊNCIAS, PROGÊNIES E CLONES.....	21
3.3 MODELAGEM HIPSOMÉTRICA.....	22
3.4 ANÁLISE DE VARIÂNCIA MULTIVARIADA (MANOVA)	24
3.5 ANÁLISE DISCRIMINANTE	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	27
4.2 MATERIAL GENÉTICO.....	27
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	28
4.4 COLETA DOS DADOS	31
4.5 MODELOS HIPSOMÉTRICOS	32
4.6 MANOVA E ANÁLISE DE DISCRIMINANTES	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 ANÁLISE DESCRITIVA.....	33
5.2 MODELOS HIPSOMÉTRICOS	37
5.3 MANOVA E ANÁLISE DISCRIMINANTE	39
6 CONCLUSÃO	43

1 INTRODUÇÃO

O manejo de recursos florestais, sejam eles provindos de plantios florestais ou florestas nativas, atualmente tem como principal propósito atingir a máxima utilização em termos de produtividade e o máximo rendimento econômico. Nesse sentido, as atividades de manejo e planejamento florestal são fundamentais para atingir um aproveitamento ideal dos recursos de maneira sustentável.

No Brasil, o plantio em nível comercial de espécies do gênero *Pinus*, iniciou-se a partir da década de 1960, sendo mais impulsionado nos anos 1980, em virtude da lei dos incentivos fiscais, e destinando-se principalmente ao abastecimento de serrarias, produção de laminados, chapas, resina e indústria de papel e celulose (AGUIAR *et al.*, 2011).

A principal espécie do gênero *Pinus* plantada no Brasil é *Pinus taeda* L., ocupando 1,7 milhões de hectares e com produtividade média de 30,4 m³/ha (IBÁ, 2021), sendo o principal destino dos produtos da espécie os processos voltados à serraria e laminação (STEPKA *et al.*, 2017). O sul e o sudeste do país são as regiões que apresentam as condições mais adequadas para o cultivo dessa espécie, que suporta geadas frequentes durante o inverno, com temperaturas mínimas de 23°C (EMBRAPA, 2014).

Dentre as variáveis morfológicas existentes para avaliação de plantas, principalmente nos primeiros anos, em diferentes condições ambientais e específicas, a altura (H) e o diâmetro de colo ou coleto (DC) são os mais utilizados (PEZUTTI; CALDATO, 2011). Em espécies como *P. taeda*, o DC é altamente correlacionado com o crescimento após plantio, além de ser uma variável de fácil obtenção (THOMPSON, 1985; SCHULTZ, 1997; BARNETT *et al.*, 2002; PEZUTTI; CALDATO, 2011). Apesar de H e DC serem as principais variáveis (LANDIS *et al.*, 1994), a qualidade da planta nos anos iniciais também tem sido avaliada por meio da circunferência à altura do peito, para povoamentos mais estabelecidos, da taxa de sobrevivência, do desenvolvimento do sistema radicular, da lignificação do caule, além da qualidade do material genético (PEZUTTI; CALDATO, 2011).

Para a avaliação de crescimento de plantios, é fundamental a utilização de ferramentas que permitam estimativas rápidas e seguras das diferentes variáveis individuais, devendo também essas ferramentas serem práticas e de fácil utilização. Um exemplo dessas ferramentas são os modelos estatísticos, que consistem em

funções matemáticas capazes de mostrar correlação entre variáveis de difícil obtenção com outras de obtenção mais simples, como por exemplo, altura e diâmetro, respectivamente (CERQUEIRA *et al.*, 2019). No meio florestal, essas relações são obtidas por meio análise de regressão (KIRCHNER, 1988), sendo que os modelos utilizados devem ser ajustados aos dados obtidos, sendo o resultado do ajuste diferenciado para cada realidade, como por exemplo, diferentes tipos de material genético, como progênies de polinização aberta, polinização controlada ou clones.

1.1 JUSTIFICATIVA

O expressivo aumento da indústria florestal, ao longo dos anos, resulta em uma demanda cada vez maior de matéria prima para seu abastecimento (IBÁ, 2021). Além disso, a dificuldade que as empresas têm enfrentado para adquirir novas áreas produtivas também requer o aumento da produção em menores espaços físicos e temporais. Assim, o melhoramento genético de *P. taeda*, é uma ferramenta fundamental.

Entretanto, diferentes tipos de material genético podem apresentar desempenhos diferenciados com relação ao crescimento inicial. Os plantios clonais, por exemplo, caracterizados pela propagação vegetativa de genótipos selecionados, tendem a apresentar maior uniformidade entre indivíduos, maior adaptação a diferentes ambientes, maior produção por unidade de área, além da operacionalização das atividades e redução da idade de rotação (SANTOS *et al.*, 2006), quando comparados a plantios compostos por progênies de polinização aberta ou controlada. Entre os diferentes tipos de polinização também podem existir diferenças entre as progênies, uma vez que na polinização controlada têm-se um maior controle genético, em virtude de se conhecer ambos os genitores, enquanto na polinização aberta, têm-se conhecimento apenas a respeito da mãe.

2 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo geral

Avaliar o crescimento inicial de três tipos de progênies (polinização aberta, polinização controlada e clone) de *Pinus taeda* L. em um plantio de três anos na região Centro–Sul do Paraná.

2.1.2 Objetivos específicos

- Obter as taxas de sobrevivência para as progênies de polinização aberta, polinização controlada e clone.
- Analisar características descritivas entre as progênies.
- Comparar as variáveis dendrométricas entre as progênies aos três anos de idade, com uso de estatística multivariada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Pinus taeda* L.

Dentre os principais gêneros taxonômicos que lideram o setor brasileiro de árvores plantadas, destaca-se o gênero *Pinus*, que apresenta elevada competitividade conferida por atributos como madeira de baixo custo, florestas eficientes e produtivas, suportadas por certificação florestal que auxilia na preservação de florestas naturais do país, fornecimento de recursos renováveis e atuação na absorção e manutenção de estoques de carbono (FOELKEL, 2007).

O gênero *Pinus*, do latim *Pinu*, popularmente conhecido como pinheiro, compreende mais de 100 espécies vegetais com elevado potencial a ser explorado. Essas árvores são originárias de regiões árticas e sub-árticas da Europa, Ásia, América do Norte e América Central (MONTAGNA; YAMAZOC, 1978).

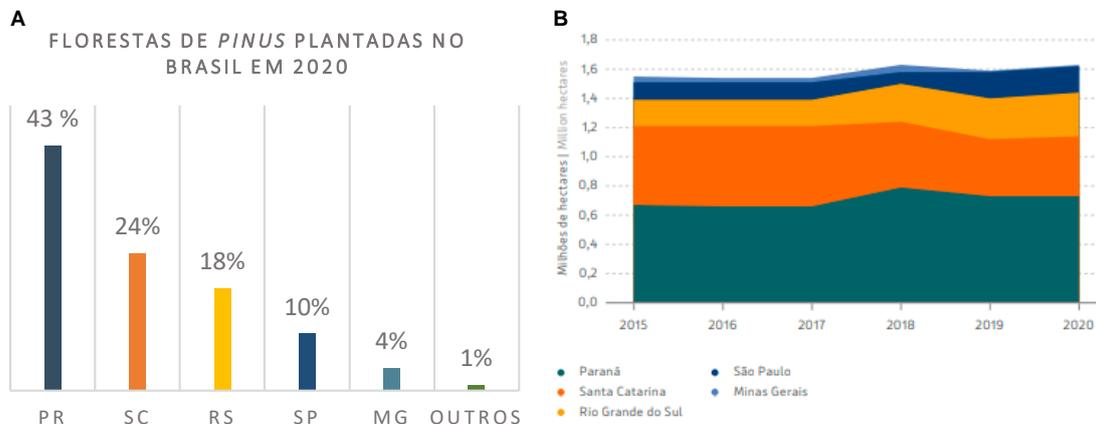
No Brasil, o plantio comercial do gênero *Pinus* foi iniciado na década de 60 no Estado de São Paulo, devido ao seu rápido crescimento e características adequadas da madeira foi utilizado como alternativa para assegurar o suprimento de madeira para abastecimento industrial de diversos setores, dado o esgotamento das reservas comercialmente viáveis de madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze que sofreu com a exploração intensiva (KRONKA *et al.*, 2005; SHIMIZU *et al.*, 2018). Impulsionado pelos incentivos fiscais concedidos pelo Governo Federal para o reflorestamento no período de 1966 a 1986, a implantação de *Pinus* ocorreu majoritariamente nas regiões Sul e Sudeste do país com *Pinus elliottii* var. *elliottii* e *P. taeda* formando a base florestal para atividades industriais (SHIMIZU *et al.*, 2018).

Atualmente, *P. taeda* é a espécie de *Pinus* mais plantada no Brasil devido ao menor teor de resina em sua madeira e principalmente pelo seu elevado incremento volumétrico mesmo nas regiões mais frias, sendo uma das espécies florestais mais plantadas na Região Sul do país.

Segundo o relatório anual do IBÁ (2021), em 2020 os plantios de *Pinus* no Brasil ocuparam 1,7 milhão de hectares, apresentando uma produtividade média de 30,4 m³ha⁻¹ano⁻¹, sendo o estado do Paraná (0,73 milhão de ha) o que ocupa maior área plantada no país, seguido de Santa Catarina (0,41 milhão de ha), Rio Grande do Sul (0,30 milhão de ha) e São Paulo (0,18 milhão de ha), mantendo-se uma área

plantada praticamente estável nos últimos anos, como pode ser observado na figura 1 (IBÁ, 2021).

Figura 1 – Florestas de *Pinus* plantadas no Brasil em 2020. (A) Distribuição da área com plantios de *Pinus* spp. Por Estado; (B) Evolução da área com plantios de *Pinus* spp. Por estado no período entre 2014–2020.



Fonte: IBÁ, 2021.

A espécie *P. taeda* é caracterizada como subtropical exótica, pertencente à família Pinaceae, é tido como uma planta rústica e resistente a pragas e doenças, natural das regiões Sul e Sudeste dos Estados Unidos, abrangendo desde o norte de Delaware (39°N) até a região central da Flórida (28°N) e o leste do Texas (SCHULTZ, 1997). Nessas regiões o clima é temperado úmido, apresentando invernos suaves e verões longos e quentes, com a precipitação pluviométrica média anual variando entre 1020 mm a 1520 mm e temperaturas médias anuais variando de 13°C a 24°C, podendo chegar a mínimas extremas de -23°C (FOWELLS, 1965). Nas regiões de ocorrência natural dessa espécie, o período livre de geadas varia de cinco meses na parte norte até dez meses, na parte costeira sul, podendo tolerar geadas e suportar períodos de alagamento do solo (HIGA *et al.*, 2008).

Devido a sua versatilidade, *P. taeda* é plantado em várias partes do mundo, porém, para o estabelecimento de um povoamento produtivo é essencial estar em regiões de clima úmido, com invernos moderados, solos bem drenados e ausência de deficiência hídrica (SHIMIZU; SEBEN, 2008). Portanto, no Brasil, pelas características climáticas semelhantes às de origem, esta espécie se desenvolve bem em todo o planalto das regiões Sul e Sudeste, que apresentam clima fresco e inverno frio, com disponibilidade constante de umidade durante o ano, sendo os estados da

região Sul os que concentram a maior parte das plantações desta espécie que se destaca como principal fonte de matéria-prima para a produção de serrados, chapas e processados e, celulose e papel (KRONKA *et al.*, 2005).

3.2 DIFERENTES TIPOS DE MATERIAL GENÉTICO: ORIGEM, PROCEDÊNCIAS, PROGÊNIES E CLONES

A região de origem da espécie *P. taeda* é os Estados Unidos, onde sua madeira serve de matéria prima para o abastecimento do setor madeireiro. Entretanto, em diversos países onde é plantada, *P. taeda* tem demonstrado desempenho em altura e diâmetro superior aos locais de origem, principalmente às procedências da Flórida, Carolina do Norte e Geórgia. Os primeiros plantios de *P. taeda* no Brasil eram compostos por material genético de origem norte-americana, porém com procedência desconhecida e desempenho em altura e diâmetro bastante variáveis (AGUIAR *et al.*, 2011).

A partir da década de 1960, com a lei dos incentivos fiscais, diversos testes de espécies, procedências e progênies passaram a ser implantados, envolvendo espécies como *P. taeda* (KIERAS *et al.*, 2013). A partir dos ensaios experimentais, realizados principalmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, tornou-se possível a identificação de procedências mais produtivas e de maior adaptabilidade às condições edafoclimáticas do país (AGUIAR *et al.*, 2011).

No Sul e Sudeste do Brasil, em locais onde ocorrem geadas com moderada frequência, as procedências da Carolina do Sul são os materiais que apresentam maior produtividade. Entretanto, em locais como a serra gaúcha e o planalto catarinense, onde as geadas são mais frequentes e severas, as procedências da Carolina do Norte se destacam (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

A Embrapa Florestas, juntamente com instituições parceiras, implantou uma rede com diversos testes de progênies de *P. taeda*, principalmente a partir da década de 1980. O material genético tinha como procedência as melhores matrizes, em termos de altura e diâmetro, de diversos plantios comerciais. Hoje em dia, os materiais genéticos desses testes, sob a forma de sementes e propágulos vegetativos, estão disponíveis e sendo aplicados em outros testes de progênies, pomares de sementes clonais e em agrossistemas (AGUIAR *et al.*, 2011).

Atualmente, sementes e mudas de *P. taeda* com grau de melhoramento avançado estão disponíveis para comercialização em instituições públicas e empresas privadas, sendo que os materiais genéticos procedentes dos Estados Unidos foram selecionados com objetivo de produção de papel e celulose, a partir de vários ciclos de avaliação e seleção, considerando várias características de interesse econômico (AGUIAR *et al.*, 2011).

A falta de tecnologia para propagação vegetativa tem prejudicado os programas de melhoramento do gênero *Pinus*. Entretanto, com o advento da embriogênese somática, a incorporação de clones passou a ser possível dentro dos programas de melhoramento desenvolvidos pelas instituições. Além disso, os recentes avanços têm permitido a produção de híbridos do gênero, além da perpetuação de genótipos a partir da propagação vegetativa, para utilização em escala comercial (AGUIAR *et al.*, 2011).

Atualmente, *P. taeda* é uma das espécies florestais, que compõe plantios comerciais com material clonal, via embriogênese somática (AGUIAR *et al.*, 2011; FALEIROS, 2011; DIAS *et al.*, 2015). Indivíduos da espécie já compõem pomares de sementes clonais (PSC), em que após serem selecionados por meio de testes de procedências/progênes, foram enxertados e realocados para um pomar de recombinação, visando a produção de sementes melhoradas (AGUIAR *et al.*, 2011). Um PSC é definido como uma plantação clonal composta por indivíduos superiores que foram selecionados por meio de um teste de progênes (LEONARDECZ NETO, 1998).

3.3 MODELAGEM HIPSOMÉTRICA

O inventário florestal é uma atividade imprescindível para estimativas exatas e informativas com relação às características qualitativas e quantitativas dos povoamentos florestais e para subsidiar atividades de manejo dos recursos desses povoamentos. Entretanto, para que essa atividade tenha sucesso, é importante dispor de uma equipe bem preparada, além de tempo e recursos para a coleta de informações (SENA *et al.*, 2015).

A aplicação de técnicas para estimativas exatas de variáveis dendrométricas, como circunferência, diâmetro e altura total dos indivíduos, é fundamental para a

condução de povoamentos florestais de *P. taeda* (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014; FELICIANO et al., 2016; FREITAS et al., 2020).

A mensuração do CAP ou DAP de indivíduos arbóreos pode ser realizada por meio de suta ou fita métrica, enquanto a medição da altura é, geralmente, realizada com o auxílio de equipamentos hipsométricos, com base em medidas angulares e vetoriais (MAYRINCK et al., 2016). Assim, a medição da altura pode ser dificultada por fatores, como relevo, manuseio de equipamentos e falta de visão do ápice das árvores (FREITAS et al., 2020).

A obtenção da variável altura pode ser bastante onerosa, sendo que sua mensuração em todos os indivíduos pode apresentar erros, gerando tendência nos resultados do inventário (OLIVEIRA et al., 2014; CERQUEIRA et al., 2019), além de demandar mais tempo e tornar a realização do mesmo mais onerosa (SANQUETTA et al., 2015). Assim, é mais adequado mensurar apenas parte da altura dos indivíduos (MENDONÇA et al., 2015; FREITAS et al., 2020).

A utilização de modelos matemáticos é uma estratégia amplamente difundida para a redução custos e tempo, resultando na obtenção da altura total de todo o povoamento por meio de estimativas que se baseiam em relações hipsométricas. Estas estimativas são obtidas por meio do ajuste de modelos matemáticos utilizando-se de regressão (CERQUEIRA et al., 2019).

A determinação do melhor modelo hipsométrico de povoamentos florestais requer o ajuste e teste de diversos modelos para averiguar qual melhor se adequa à realidade e às condições específicas de cada situação (NICOLETTI et al., 2016). Os modelos devem ser selecionados a partir da avaliação de estatísticas das equações ajustadas, que irão atribuir o grau de associação entre as variáveis, além do nível de erro nas estimativas (SANQUETTA et al., 2009).

Dentre as estatísticas de avaliação, para a seleção dos melhores modelos hipsométricos têm-se o erro padrão de estimativa (S_{yx}), erro padrão de estimativa relativo ($S_{yx(\%)}$), coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{adj}), índice de Schlaegel (I.A.) e análise gráfica de resíduos (SANQUETTA et al., 2009; NICOLETTI et al., 2016). Nicoletti et al. (2016) afirmam que o S_{yx} (%) e a análise de resíduos são as estatísticas primordiais e devem ser priorizados na seleção de modelos.

A obtenção de valores de R^2_{adj} abaixo de 80% é comumente observada no ajuste de modelos hipsométricos, uma vez que a correlação entre altura e diâmetro é

mais fraca em comparação a associação entre altura e volume (CAMPOS; LEITE, 2006; FREITAS et al., 2020; NICOLETTI et al., 2020).

Não obstante, as relações hipsométricas são mais influenciadas por fatores ambientais, como qualidade de sítio, solo, idade, densidade, tratamentos silviculturais, posição sociológica, e também por fatores relacionados às espécies (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

3.4 ANÁLISE DE VARIÂNCIA MULTIVARIADA (MANOVA)

A necessidade em se comparar, ao mesmo tempo, várias médias de variáveis provenientes de diferentes grupos de dados, exige a utilização de metodologias estatísticas multidimensionais e específicas, que levem em consideração a covariância entre as variáveis avaliadas. Por exemplo, nos sistemas agrícolas delineados em consórcio, recomenda-se a análise multidimensional, que analisa todas as variáveis de interesse, simultaneamente (GOMES, 1985). Quando pretende-se testar a diferença entre médias de diversos grupos ou variáveis independentes, o método mais recomendado é o da análise de variância multivariada (*Multivariate analysis of variance*, MANOVA) (NICACIO et al., 2013).

A MANOVA pode ser definida, basicamente, como uma análise de variância (ANOVA) com várias variáveis dependentes, sendo que tem por intuito testar a diferença entre dois ou mais vetores de médias, enquanto a análise genérica, ANOVA, testa diferenças entre médias entre dois ou mais grupos de dados. Ainda diferente da ANOVA, onde obtêm-se um valor de F univariado, a MANOVA fornece um valor de F multivariado (λ de Wilks) a partir da comparação entre a matriz de variância/covariância de erro e a matriz de variância/covariância de efeito. Além disso, as hipóteses testadas pela MANOVA também podem ser avaliadas por meio de estatísticas como o índice de Hotelling e o critério de Pillai. Nestas análises, inclui-se a covariância em virtude do fato de as duas medidas avaliadas, provavelmente, estarem correlacionadas, devendo-se levar isso em consideração para o teste de significância (FRENCH et al., 2008).

Nesse sentido, a MANOVA também é realizada com base em pressupostos análogos aos da ANOVA, sendo eles: (i) os dados coletados devem ser compostos por amostras aleatórias oriundas de populações com distribuição normal e (ii) as amostras deverão pertencer a populações de variâncias idênticas (REIS, 2001).

No meio florestal ou agrícola, a MANOVA tem sido utilizada em diversos estudos, que vão desde a avaliação de divergência genética entre clones de *Opuntia ficus-indica* Mill. (FERREIRA et al., 2003), avaliação de cruzamentos genéticos do tipo dialélicos (LEDO et al., 2003), seleção de produtores de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (NICACIO et al., 2013), diferenciação de grupos de *Eucalyptus* spp. (BATISTELA et al., 2015), dinâmica de biomassa em floresta na Caatinga (LOPES, 2018) até a avaliação da qualidade do carvão vegetal (PEREIRA, 2019).

3.5 ANÁLISE DISCRIMINANTE

Análise discriminante é uma técnica estatística adequada em que se têm uma variável dependente categórica e variáveis independentes métricas. É também comparável a MANOVA “reversa”, com a diferença de que essa última envolve a análise de variáveis dependentes métricas, enquanto as independentes são categóricas. De forma semelhante, as duas análises fazem uso das mesmas estatísticas de ajuste de modelos (HAIR, 2009).

Muitas vezes a variável dependente de um modelo pode consistir em duas categorias, como masculino e feminino ou alto e baixo, sendo que em outros casos podemos ter mais de dois grupos, como uma classificação de intensidade baixa, média e alta. Nesses casos, a análise discriminante é ideal quando se têm dois ou mais grupos em estudo, sendo denominada *análise discriminante de dois grupos* quando envolve duas classificações, e *análise discriminante múltipla* (MDA) quando existem três ou mais classificações (HAIR, 2009).

O objetivo da análise discriminante é, portanto, determinar uma variável estatística discriminante, que é conceituada como sendo a combinação linear de duas ou mais variáveis independentes que melhor irão discriminar entre os objetos de estudo, sejam eles pessoas, árvores, animais, etc. Sendo assim, a análise discriminante é ideal quando se tem por objetivo testar a hipótese de igualdade de médias de um conjunto de variáveis independentes para dois ou mais grupos de objetos (HAIR, 2009).

Essa técnica surgiu a partir de demandas das áreas biológicas e médicas, sendo atualmente aplicável em praticamente todas as áreas da ciência (HUBERTY; OLEJNIK, 2006). Dentre os diversos métodos de cálculo para análises discriminantes, o mais difundido é o das funções discriminantes de Fisher (MINGOTI, 2005).

No Brasil, os estudos utilizando análises discriminantes envolvendo espécies florestais são relativamente escassos e recentes (LONGHI, 1999; SOUZA et al., 2003; SANTOS et al., 2004; KILCA, 2009). Sua utilização se apresenta de forma bastante diversificada, aplicando-se desde a estudos sobre matéria orgânica no solo no bioma Mata Atlântica (BENITES et al., 2010) até estratificação volumétrica (SOUZA; SOUZA, 2006) e, mais recentemente, ao planejamento da exploração florestal na Amazônia (PEREIRA et al., 2019).

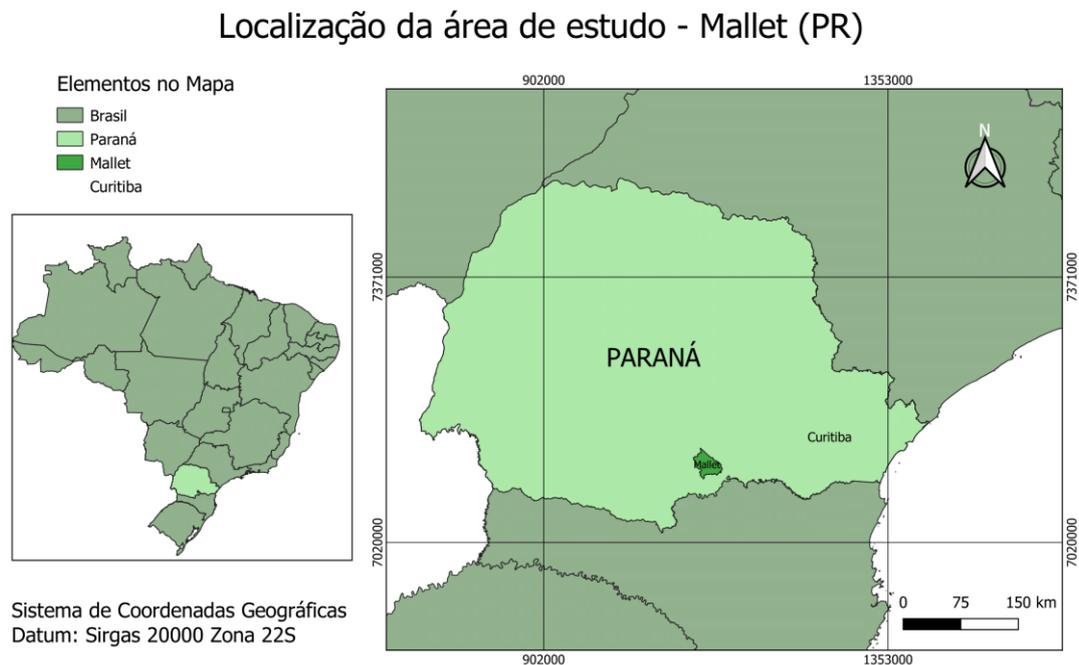
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na região Centro–Sul do Paraná, na cidade de Mallet (Figura 2), que está localizada nas coordenadas geográficas latitude: 25° 52' 42" S e longitude: 50° 49' 36" W, e apresenta altitude média de 828 metros.

De acordo com Köppen, a classificação climática da região é Cfb, sendo, um clima mesotérmico, úmido e superúmido, sem estação seca e com verões frescos com média do mês mais quente inferior a 22 °C, apresentando geadas (IAT, 2020). A classificação do solo segundo a EMBRAPA (2007), é o Cambissolo Háplico Tb Distrófico e o relevo plano (0 – 3%).

Figura 2 – Localização da área de estudo.



Fonte: A autora, 2022.

4.2 MATERIAL GENÉTICO

As mudas utilizadas no plantio, são de procedência da empresa Arborgen Tecnologia Florestal LTDA, sendo que as siglas citadas para cada material advêm da própria empresa. Algumas informações sobre as progênies, estão descritas na Tabela

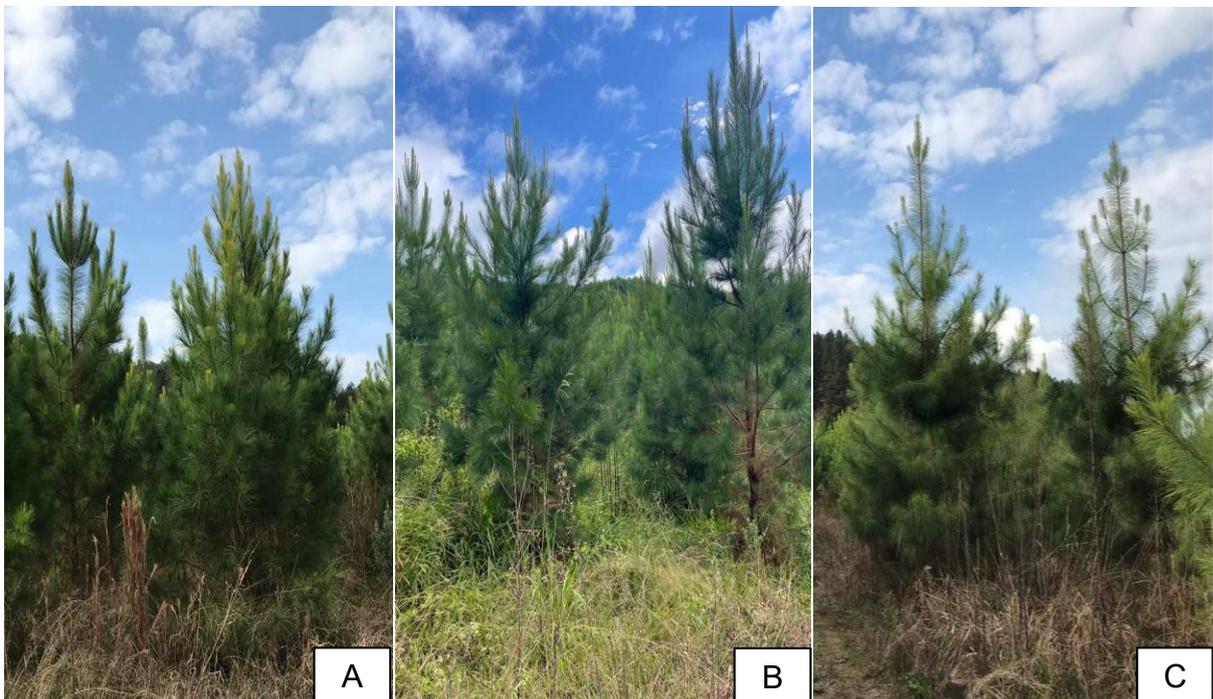
1 abaixo. Na Figura 3, mostra como estão as plantas de *Pinus taeda* aos 3 anos de idade para cada progênie avaliada.

TABELA 1 – Informações sobre cada progênie avaliada.

Procedência	Sigla	Produção	Polinização
Polinização Aberta	AGOP88	Matrizes de um pomar clonal.	Natural através do vento.
Polinização Controlada	AGM37	Matrizes selecionadas, utilizando os melhores cruzamentos.	Controlada
Clone	AGV145	Embriogênese somática ou estaquia.	

Fonte: A autora, 2022.

Figura 3 – Diferentes progênies de *Pinus taeda* com 3 anos de idade – A) Polinização aberta; B) Polinização controlada e C) Clone



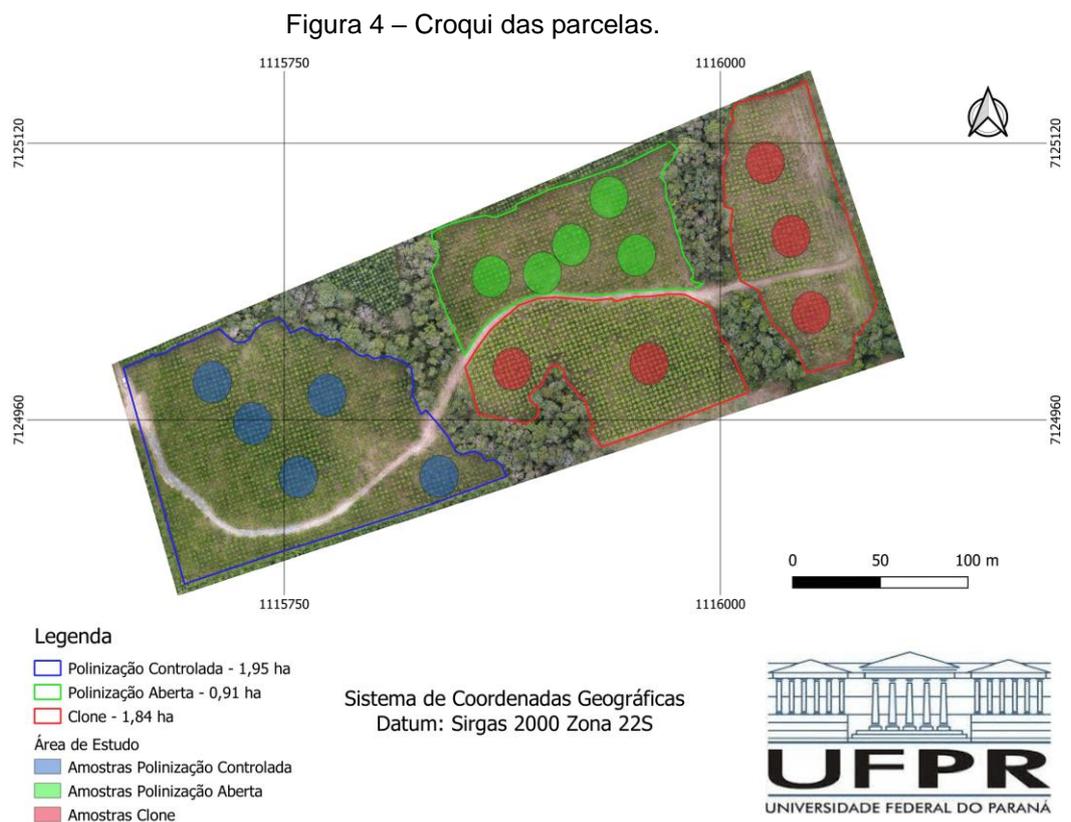
Fonte: A autora, 2022.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A área de estudo apresenta 4,70 hectares de plantio de *Pinus taeda* L., com espaçamento de 2,80 m x 2,80 m, composto por três diferentes materiais genéticos da espécie, sendo elas: progênies de polinização controlada, progênies de polinização

aberta e indivíduos clonais, que foram denominados como tratamento PC, PA e CL, respectivamente.

Foram instaladas no total 15 parcelas circulares, alocadas de forma aleatória no terreno, sendo 5 para cada tipo de tratamento (Figura 4). Cada parcela possui 400m², apresentando 51 árvores por parcela, em que, foram colocadas estacas com a numeração da parcela para demarcar o centro da mesma, como demonstrado na Figura 5. Foi confeccionado um croqui para facilitar a coleta dos dados (Figura 6), e o início da parcela é a partir do centro, tendo adotado o Norte e Sul como referência.



Fonte: A autora, 2022.

Figura 5 – Estaca de orientação.

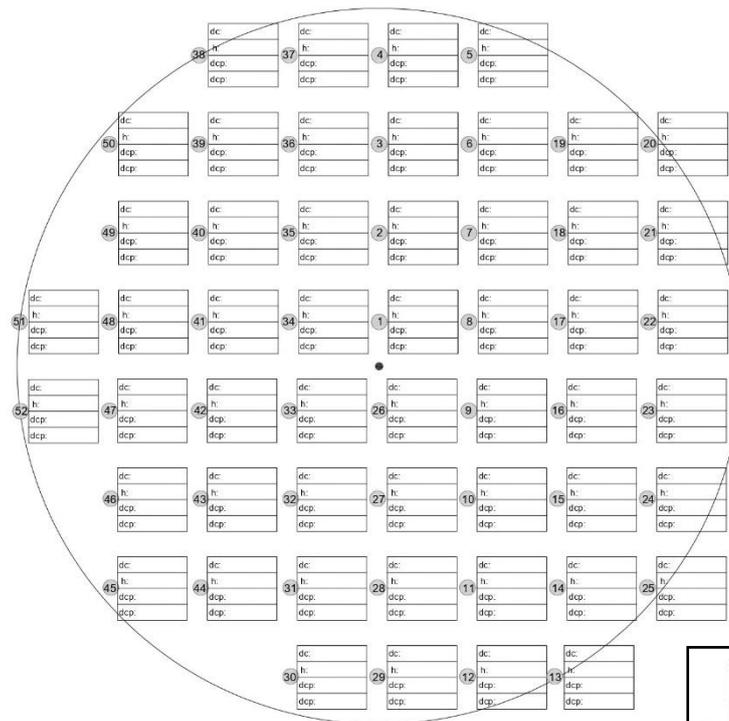


Fonte: A autora, 2022.

Figura 6 – Croqui de uma unidade amostral.

UNIDADE AMOSTRAL Nº 1

LOCALIDADE: SANTA CRUZ - RONDA, MALLET-PR	ÁREA DA PARCELA:
DATA:	ÁREA TOTAL:
RESPONSÁVEL:	ESPAÇAMENTO:
IDADE DO PLANTIO:	ESPECIE: <i>Pinus taeda</i> - Polinização aberta



Unidades
 dc (diâmetro de colo) = mm
 h (altura) = cm
 dcp (diâmetro de copa) = cm

1	dc:
	h:
	dcp:

Fonte: A autora, 2022.

4.4 COLETA DOS DADOS

A coleta de dados para a realização do estudo se iniciou em agosto de 2019, após 50 dias de plantio, para exemplificar os períodos em que foram realizadas as coletas dos dados, foi confeccionada uma linha do tempo (Figura 7), sendo que nas 5 primeiras medições foram medidas as variáveis: diâmetro de colo, com o auxílio de um paquímetro digital, diâmetro de copa e altura, com auxílio de trena. A partir da sexta medição, aos 606 dias, já foi possível a coleta do CAP (Circunferência Altura do Peito), sendo que foram coletadas somente as variáveis altura e CAP, com auxílio de trena para ambas. E na última coleta que ocorreu no mês de junho de 2022, foram mensurados os CAP's com a trena e somente 20% das alturas das árvores para cada parcela, utilizando o equipamento Vertex Haglöf IV e o Transponder T3.

Figura 7 – Linha do tempo da coleta de dados.



Fonte: A autora, 2022.

Durante as coletas, foram feitas anotações, sobre ataque de formigas, falhas, rebrotas, replantio, bem como a qualidade das plantas se bifurcadas, tortas, com presença de *Foxtail* (crescimento apical acentuado, sem ramificações, denominado de rabo-de-raposa, Aguiar *et al.*, 2014), entre outras características. Com essas informações foi possível calcular a porcentagem de sobrevivência, ataque de formigas, árvores bifurcadas, e identificar qual das procedências apresenta maior taxa de *Foxtail*.

O percentual de sobrevivência, foi calculado por meio da contagem do total de indivíduos para cada progênie e dividido pelos indivíduos que sobreviveram até aos 3 anos e posteriormente, multiplicado por 100.

Depois de coletada as informações, os dados foram armazenados em uma planilha Excel, para posterior tratamento e análise dos dados.

4.5 MODELOS HIPSOMÉTRICOS

Na última coleta de dados, foram medidas apenas 20% das alturas, sendo posteriormente testados dois modelos hipsométricos para estimar as alturas restantes. Os dois modelos lineares testados estão demonstrados na Tabela 2 abaixo:

TABELA 2 – Modelos hipsométricos testados

Nº	Modelo	Autor
1	$h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2$	Parabólico
2	$h = \beta_0 + \beta_1 1/DAP$	Assman

Em que: h = altura total da árvore (m); $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = coeficientes da regressão; DAP = Diâmetro Altura do Peito medido a 1,30 m do solo. Fonte: A Autora, 2022.

Para a escolha da melhor equação hipsométrica, foram analisados critérios estatísticos como: a) significância da estatística F da Análise de Variância (ANOVA) da regressão; b) coeficiente de determinação ajustado (R^2 aj.); c) erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx}\%$) e d) análise gráfica dos resíduos (THOMAS et al., 2006; MIGUEL & LEAL, 2012), ambos realizado por meio do *Software* Excel.

4.6 MANOVA E ANÁLISE DE DISCRIMINANTES

Os dados relativos às variáveis avaliadas foram analisados por meio da análise de variância multivariada e análise discriminante e foram realizados pelo *Software* estatístico IBM® SPSS Statistics. Sendo utilizados para as análises somente os dados da última coleta, realizada em junho de 2022.

Foi realizada uma análise de variância multivariada (MANOVA) que considerou todas as variáveis medidas em um único conjunto, englobando as variáveis sobrevivência, diâmetro à altura do peito médio (cm), altura total média (m), área basal (m^2/ha), volume (m^3/ha) e incremento médio em área basal ($m^2/ha/ano$). Cada uma das três procedências de mudas testadas representou os grupos a serem avaliados, sendo adotada as siglas PC (Polinização Controlada), PA (Polinização Aberta) e CL (Clone) para melhor visualização dos resultados. Uma vez realizada a MANOVA foi feita a análise discriminante para o conjunto de variáveis descritas.

Na MANOVA foram obtidos os testes de Lambda de Wilks, Maior raiz de Roy, Traço de Hotelling e Traço de Pillai. Os testes de significância foram efetuados ao nível de 5% de significância.

O objetivo da análise discriminante foi classificar um objeto em uma das $k \geq 2$ populações com base em um vetor de observações multivariadas do objeto x (Ferreira, 2018). Na análise de discriminantes foram apresentadas as funções discriminantes padronizadas, uma vez que as variáveis possuem diferentes unidades de medidas. Foram efetuadas as análises para explicar a variação total explicada por cada função discriminante, o coeficiente de correlação da função discriminante, teste de significância da função, o peso de cada variável na função e também obtida a matriz de confusão.

A análise discriminante calculou o centroide para cada grupo (procedência da muda). Esses centroides representam a média dos valores obtidos para cada função discriminante quando seus respectivos escores são calculados, ou seja, quando os valores originais são substituídos nas funções obtidas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DESCRITIVA

A avaliação acurada de sobrevivência em plantios florestais é importante para estudos de crescimento e produção florestal, porém, é muito variável, pois, pode ser causada por diversos fatores, tanto climáticos, como competição entre as plantas, tipos de solos e outros quesitos ligados ao cultivo. Analisando os dados mostrados na Tabela 3 de taxa de sobrevivência, pode-se observar que a melhor procedência, foi a polinização aberta, que obteve 100% de sobrevivência, não apresentando nenhuma falha nas parcelas analisadas.

TABELA 3 – Taxas de sobrevivência de cada progênie.

	Taxa de sobrevivência (%)						
	50 dias	120 dias	186 dias	321 dias	386 dias	606 dias	1070 dias
Pol. Controlada	100,00	100,00	99,61	99,23	99,23	99,23	99,23
Pol. Aberta	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Clone	100,00	97,66	97,27	97,66	98,44	95,70	97,27

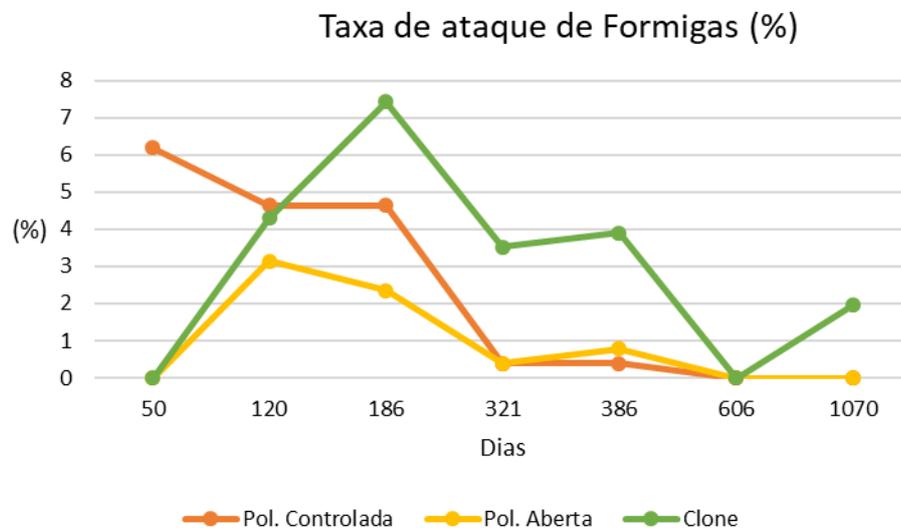
Fonte: A autora, 2022.

Um dos fatores que possivelmente contribuiu para essa melhor taxa de sobrevivência se deve também a menor porcentagem de ataques às formigas apresentada nesta procedência, como pode-se observar no Gráfico 1. O clone que apresentou maior variação das taxas de sobrevivência ao longo do estudo, se deve ao fato de terem sido realizados replantios e esses por vezes não bem-sucedidos novamente.

Um estudo realizado por Machado (1979), indicou que taxas de mortalidades, apresentam-se maiores em melhores sítios, menos nos primeiros anos de plantio, sendo justificado que em solos pobres se obtém maior mortalidade em plantios iniciais do que em solos com melhores condições, porém, em solos bons, a competição se inicia mais cedo, por conta do maior crescimento e desenvolvimento das árvores, então, o fator densidade se estabelece mais cedo em solos férteis.

Conforme estudo de Nieri *et al.*(2019), a sobrevivência das progênes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus massoniana*, obteve média de 99%, aos 36 meses de idade, na localidade de Lavras–MG. De acordo com Macedo *et al.*(2010), a sobrevivência é um importante parâmetro inicial para verificar o potencial da espécie para a região.

GRÁFICO 1 – Taxa de ataque de formigas nas progênes.



Fonte: A autora, 2022.

Com relação a taxa de ataque de formigas (Gráfico 1), pode-se observar que ambas as progênies sofreram ataques, porém, a progênie mais atingida foi a do clone, principalmente aos 186 dias de plantio.

De acordo com estudo de Hubbell e Wiemer (1983), as formigas-cortadeiras preferem às folhas novas, porque as folhas maduras, podem conter substâncias repelentes ou tóxicas a herbívoros.

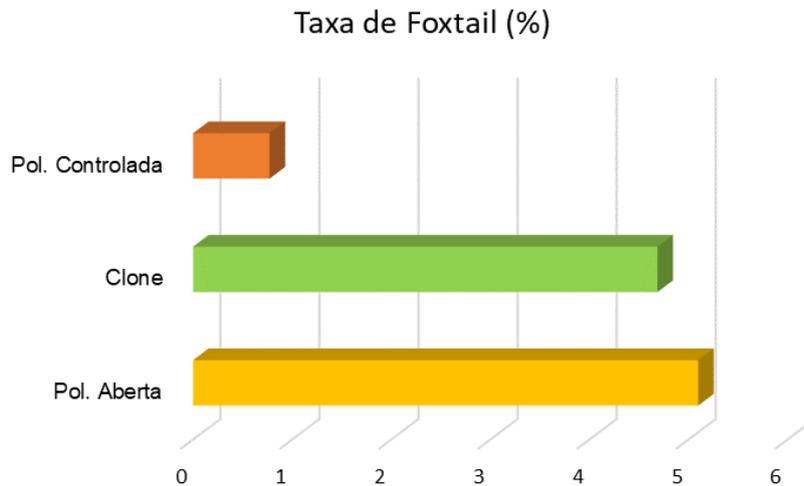
Segundo Nিকেle et al. (2018), os ataques de *Acromyrmex* em pinus, diminuem com o passar dos meses do plantio, onde, a partir de um ano de idade, os danos às plantas são praticamente insignificantes, se for realizado o manejo das plantas daninhas mediante roçadas, o ataque se apresenta maior no início e se reduz ao longo do tempo. A maioria das plantas atacadas obtém no máximo 50% de desfolha, em plantios com mais de um ano de idade, indiferente do tipo de manejo de plantas daninhas, se realizado com roçadas ou aplicação de herbicidas.

Conforme apontam Reis Filho et al. (2011b); Nিকেle et al. (2021), essa porcentagem de desfolha, não traz prejuízos significativos no desenvolvimento das plantas. Em estudo recente de Nিকেle et al. (2021), as perdas no volume de madeira de plantas de *P. taeda*, aos 10 anos após o plantio e que tiveram desfolha aos 30 dias após o plantio, com porcentagem de desfolha acima de 75%, obtiveram 43% de perdas, comparando-se a plantas que não apresentaram danos e conforme Freitas e Berti Filho 1994, Matrangolo et al. 2010 e Reis Filho et al., 2011, o crescimento em diâmetro é mais afetado que em altura.

No estudo realizado por Hoffer, (2015), em um plantio de *P. taeda*, as perdas de crescimento em diâmetro de colo e altura, um ano após o plantio, foram de 20,5% e 18,3% respectivamente. Já nos resultados obtidos por Cantarelli et al., 2008, em um plantio de *P. taeda*, localizado na Argentina, apresentou perdas de 17,3% e 12,2% em diâmetro e altura respectivamente, após um ano de plantio, pela interferência das formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* spp.

Segundo um estudo realizado por Nিকেle et al. (2012), em que avaliou as perdas causadas por *A. crassispinus* em um plantio de *P. taeda* localizado no Planalto Norte de Santa Catarina, verificaram perdas de 24% em diâmetro e 25% em altura, após 3 anos de plantio, onde as plantas foram 100% desaciculadas.

Como demonstrado no gráfico 2, em relação a taxa de porcentagem de árvores com a presença de *Foxtail*, as progênies de polinização aberta e clone, foram as que apresentaram maiores porcentagens, sendo, 5,10% e 4,69%, respectivamente.

GRÁFICO 2 – Taxa de presença de *Foxtail* por progênie.

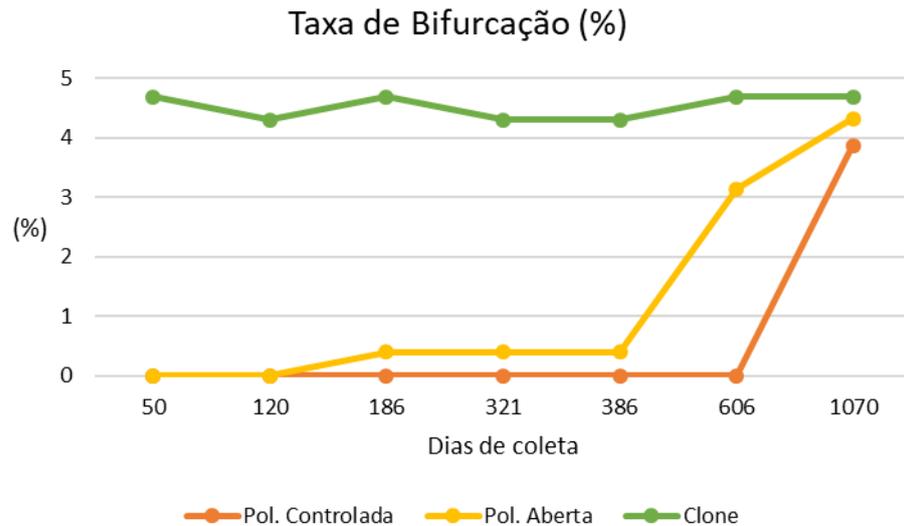
Fonte: A autora, 2022.

Conforme estudo de Shimizu e Massaki, (2008), não é possível definir a causa da incidência de *Foxtail*, entre espécies de pinus, um dos fatores pode ser a precipitação no local de plantio.

Silva (2007) avaliou as variáveis genéticas de *Pinus kesiya* de diferentes procedências em diferentes localidades, com o rabo-de-raposa, foram avaliados após 5, 6, 7 e 8 anos do plantio. O autor observou uma correlação positiva entre a ocorrência de rabo-de-raposa e chuvas intensas. Populações com 65% de indivíduos com rabo-de-raposa tiveram mais chuvas, enquanto populações com níveis baixos (4 e 7%) estavam em áreas mais secas. Portanto, pode não ser adequado para o plantio em áreas com muita chuva, pois aumenta a incidência de rabo-de-raposa.

Referente a taxas de bifurcação, pode-se analisar no Gráfico 3, que as taxas encontradas aos 1070 dias, para a polinização controlada, polinização aberta e clone foram respectivamente: 3,86%, 4,31% e 4,69%, sendo o clone, o que apresentou maior taxa, devido também apresentar taxas elevadas de *Foxtail*, deixando a planta com menos estabilidade apical, favorecendo a quebra da gema pelo vento, passarinhos que pousam, entre outras situações.

GRÁFICO 3 – Taxa de bifurcação por progênie.



Fonte: A autora, 2022.

Conforme um estudo realizado por Trazzi et al. (2018), em que foi analisado se a qualidade morfológica de mudas de *P. taeda* afeta o crescimento em campo ao longo do tempo, foi verificado que quando comparados os tratamentos de mudas bifurcadas com as mudas não bifurcadas, foram observados resultados negativos e significativos, mostrando que para as variáveis sobrevivência, volume por hectare e incremento médio anual, mudas que apresentavam bifurcação no momento do plantio, apresentaram menor crescimento após oito anos em campo.

5.2 MODELOS HIPSOMÉTRICOS

Para a escolha do melhor modelo, foram analisados os critérios estatísticos: coeficiente de determinação ajustado, erro padrão em porcentagem e gráfico de resíduos.

Na Tabela 4, estão os resultados dos ajustes dos dois modelos hipsométricos testados para cada tipo de progênie:

TABELA 4 – Estatística de precisão para as progênies avaliadas.

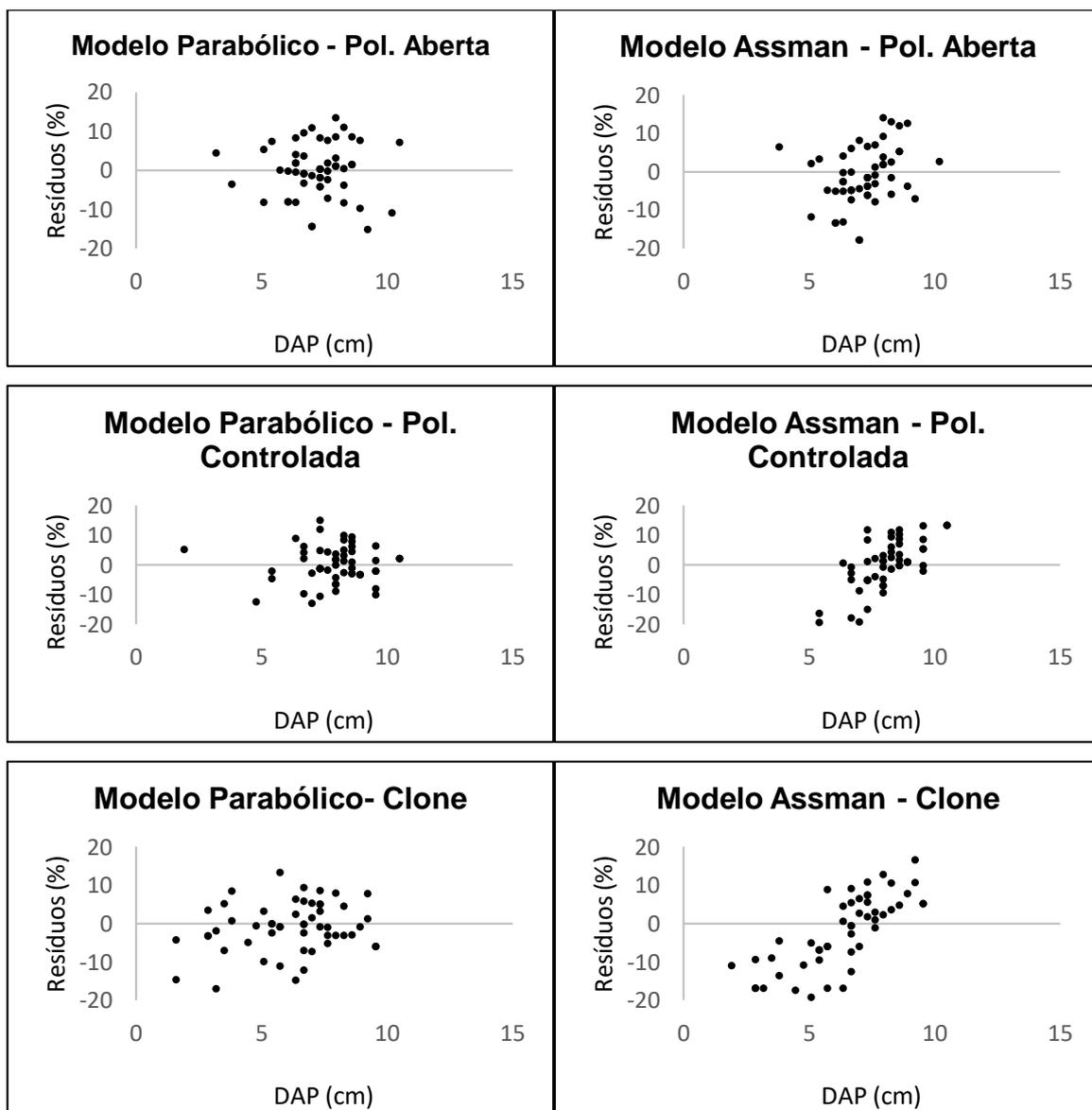
Progênie	Modelo	F	R ² aj.	Syx (%)	β_0	β_1	β_2
Polinização	1	66,6941489	0,708719	7,29	1,590263624	0,468040113	-0,004822137
	2	52,64891904	0,484289	9,87	6,09181121	-8,395199263	
Controlada	1	60,85259713	0,685184	7,54	2,657759117	0,128521131	0,018441757

Polinização	2	61,53811426	0,523967	7,54	6,407354817	-12,68353156
Aberta						
	1	196,2736456	0,878528	7,73	1,33003198	0,638256198
Clone						
	2	155,251327	0,740698	11,29	5,733240071	-6,705453802

Em que: Modelo 1: $h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2$; Modelo 2: $h = \beta_0 + \beta_1 1/DAP$; F= Valor calculado do teste F; $R^2_{aj.}$ = Coeficiente de determinação ajustado; Syx% = Erro padrão da estimativa em porcentagem. Fonte: A autora, 2022.

Para melhor avaliação da qualidade dos ajustes, também foram utilizados os gráficos de distribuição de resíduos em função do DAP (Gráfico 4).

GRÁFICO 4 – Gráficos de resíduos dos modelos hipsométricos analisados.



Fonte: A autora, 2022.

Para as três progênies, o melhor modelo hipsométrico, foi o modelo parabólico, por apresentar o a) menor erro; b) apresentar o R^2_{aj} mais próximo de 1; c) maior F calculado; e d) melhor distribuição dos resíduos, sendo este o modelo escolhido para estimar o restante das alturas das parcelas.

5.3 MANOVA E ANÁLISE DISCRIMINANTE

Os resultados da MANOVA, considerando todas as variáveis avaliadas (sobrevivência, diâmetro à altura do peito médio (cm), altura total média (m), área basal (m^2/ha), volume (m^3/ha) e incremento médio em área basal ($m^2/ha/ano$), estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 – Resultados da análise de variância multivariada para o conjunto composto por todas as variáveis avaliadas.

	Valor	F	Significância	
PROCEDÊNCIA	Traço de Pillai	1,337	3,629	0,008
	Lambda de Wilks	0,086	3,847	0,008
	Traço de Hotelling	5,686	3,980	0,010
	Maior raiz de Roy	4,625	8,325	0,003

Fonte: A autora, 2022.

Os resultados indicam que, para todos os testes aplicados na MANOVA, houve diferenças significantes entre as procedências de mudas avaliadas. Duas funções discriminantes foram determinadas, explicando 100% da variabilidade total. A primeira função explicou 81,3%, sendo esta a mais significativa. A correlação entre as variáveis avaliadas e as funções discriminantes foram de 0,90 para a primeira e 0,72 para a segunda (Tabela 6).

TABELA 6 – Resultados referentes a porcentagem da variância total explicada pelas funções discriminantes obtidas, relativas aos autovalores encontrados e coeficientes de correlação canônica para cada uma das funções discriminantes encontradas.

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	4,625	81,3	81,3	0,907
2	1,060	18,7	100,0	0,717

Fonte: A autora, 2022.

A primeira função discriminante apresentou as variáveis DAP e sobrevivência como sendo as de maior peso (correlação canônica) a ela associada, enquanto que para a segunda função discriminante as variáveis de maior peso foram volume, área basal, incremento e altura (Tabela 7).

De acordo com um estudo realizado por Santos (2021), em que foi realizada uma MANOVA para analisar se existiam diferenças entre DAP e altura em diferentes densidades de *P. taeda*, localizados na região Sul de Santa Catarina, obteve-se que a variável mais importante foi o DAP, porque está associada a competição intraespecífica que aumenta conforme perde-se o espaço para o desenvolvimento dos indivíduos, ocorrendo mais intensamente nos primeiros anos de plantios. Segundo Inoue *et al.* (2011), o valor de DAP médio para *P. taeda* aos 7 anos aumenta com o acréscimo do espaço vital. Sendo assim, espaços vitais menores restringem o crescimento diametral médio e individual.

TABELA 7 – Resultados das correlações canônicas entre as variáveis originais avaliadas e as funções discriminantes obtidas.

VARIÁVEL	Função Discriminante	
	1	2
DAP	0,489	0,450
Sobrevivência	0,301	-0,054
Volume	0,364	0,591
Área Basal	0,436	0,548
Incremento em área basal	0,436	0,548
Altura	0,051	0,503

Fonte: A autora, 2022.

As funções discriminantes, com seus grupos centroides apresentados na Tabela 8, obtidas permitem concluir que a procedência PC (Polinização Controlada) foi a que apresentou os maiores valores de DAP, v, G, incremento e altura (Figura 8 e Tabela 9). Em termos de seleção de procedências, a procedência PA (Polinização Aberta) também deve ser considerada, uma vez que, seu grupo centroide está próximo da procedência PC. A maior sobrevivência foi obtida para a Procedência PA, na qual não foram constadas mortalidade.

TABELA 8 – Resultados obtidos para os centroides de cada genótipo.

PROCEDÊNCIA	Função Discriminante	
	1	2
PC	0,893	1,230
PA	1,779	-0,986
CL	-2,672	-0,245

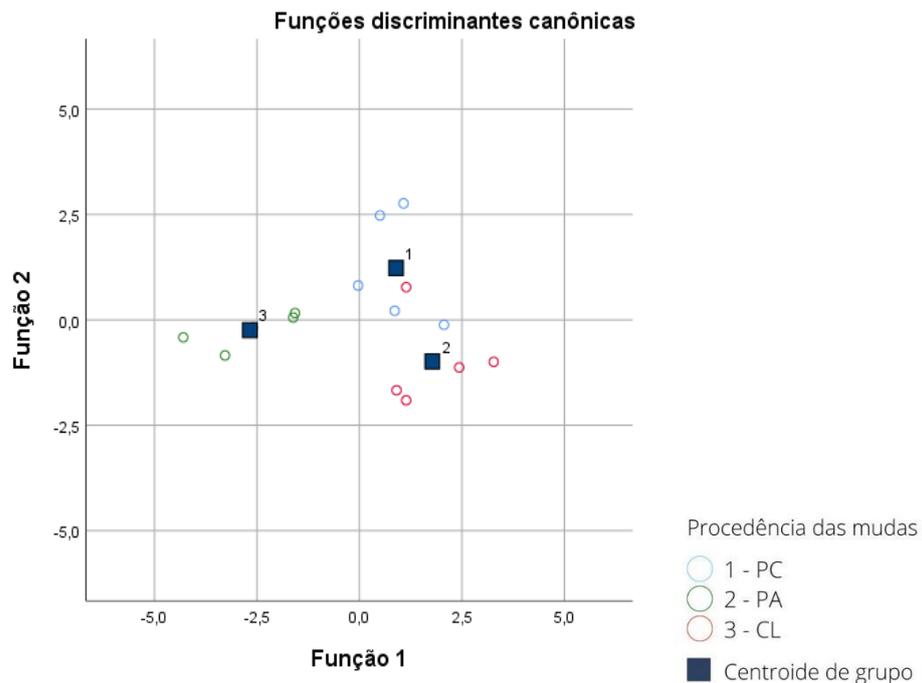
Fonte: A autora, 2022.

TABELA 9 – Resultados obtidos para as médias de cada procedência para as variáveis avaliadas.

Trat	Sobrevivência (%)	DAP médio (cm)	Altura Média (m)	G (m ² /ha)	v (m ³ /ha)	IMA
PC	99.23	7.86	5.00	6.55	16.92	2.18
PA	100.00	7.41	4.66	5.69	13.80	1.90
CL	97.26	5.92	4.70	4.10	10.06	1.37

Fonte: A autora, 2022.

Figura 8 – Resultados das funções discriminantes 1 e 2, por procedência, com os respectivos grupos centroides, para o conjunto de todas as variáveis avaliadas.



Fonte: A autora, 2022.

Os resultados da matriz de confusão indicam que 86,7% dos casos foram classificados corretamente. Os valores confundidos estão entre as procedências PC e PA, o que revela a aproximação entre os dois grupos de centroides obtidos por meio das funções discriminantes (Tabela 10).

TABELA 10 – Resultados da Classificação.

		Associação ao grupo prevista			
	Tratamento	1	2	3	Total
Original (%)	PC	80,0	20,0	0,0	100,0
	PA	20,0	80,0	0,0	100,0
	CL	0,0	0,0	100,0	100,0

Fonte: A autora, 2022.

6 CONCLUSÃO

Por meio da análise multivariada, pode-se concluir que houve diferenças significativas entre as mudas das progênies avaliadas.

Pela matriz de confusão, indica-se que a polinização controlada e aberta apresenta pouca divergência de valores em ambas progênies.

O plantio de *Pinus taeda* L. advindo de mudas da polinização controlada, apresentou desempenho superior se comparado as outras duas progênies, aos 3 anos de idade, nas variáveis volume, área basal, incremento médio anual e altura.

Na análise multivariada e análise de discriminantes, foram apontadas como variáveis de maior importância o Diâmetro Altura do Peito (DAP) e a sobrevivência.

Aos 3 anos de idade a polinização controlada foi a que apresentou melhores resultados, porém, recomenda-se a continuação do estudo, para realização de novas avaliações e comparações entre progênies com mais tempo de cultivo, para poder afirmar qual progênie realmente é mais vantajosa para a região, podendo-se embasar mais o estudo com uma análise econômica, visto que, os preços de cada progênie são diferenciados.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; FRITZSONS, E.; PINTO JUNIOR, J. E. Programa de melhoramento de pinus na Embrapa Florestas. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

AGUIAR, A. V. *et al.* **Espécies de pinus mais plantadas no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2014. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3715&p_r_p_-996514994_topicold=3229. Acesso em: 24 ago. 2022.

ANDERSON, T. W. *An introduction to multivariate statistical analysis*. 3th ed. New York: J. Wiley, 2003. 752 p.

BARNETT, J. P.; HAINDS, M.; HERNANDEZ, G. **Interim guidelines for growing longleaf seedlings in containers**. In: WORKSHOPS ON GROWING LONGLEAF PINE IN CONTAINERS, 2002, Asheville. Proceedings... General Technical Report SRS-56. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, p. 27–29, 2002.

BATISTELA, G. C.; PADOVANI, C. R. Diferenciação de grupos de eucaliptos por procedimentos uni e multivariado. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 242–248, 2015.

BENITES, V. D. M.; MOUTTA, R. D. O.; COUTINHO, H. L. D. C.; BALIEIRO, F. D. C. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de Mata Atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. **Revista Árvore**, v. 34, p. 685–690, 2010.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006.

CANTARELLI, E. B; et al; **Quantificação das perdas no desenvolvimento de *Pinus taeda* após o ataque de formigas cortadeiras**. Ciência florestal. Santa Maria, RS. v. 18. n. 1. 39–45 p. 2008.

CERQUEIRA, C. L.; ARCE, J. E.; DE JESUS FRANÇA, L. C.; AMORIM, F. S.; DA SILVA, S. A.; LISBOA, G. D. S. Influência da posição sociológica na relação hipsométrica de *Vochysia pyramidalis* Mart. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 1, p. 501–506, 2019.

DACOSTA, L. P. E. **Relações biométricas em povoamentos jovens de *Pinus taeda* L. na província de Corrientes, República Argentina**. 2008. 128p. Dissertação (Doutorado em Área de Concentração em Manejo Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; RESENDE, M. D. V. D.; BIERNASKI, F. A.; ESTOPA, R. A. Parâmetros genéticos para a capacidade de propagação de *Pinus taeda* por embriogênese somática. **Revista Árvore**, v. 39, p. 1093–1102, 2015.

EMBRAPA. **Cultivo de Pinus**. 2014 Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p id=conteudoportlet WAR sistemasdeproducaolf6](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p=id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6)>. Acesso em: 20 de jul. 2022.

EMBRAPA. Curitiba: **LEVANTAMENTO DE RECONHECIMENTO DOS SOLOS DO ESTADO DO PARANÁ**, 2007. 1 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79299/1/MI-512.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2022.

FALEIROS, M. Plantação a partir de clones de pinus já é feita no Brasil. Disponível em: <http://www.revistaopapel.org.br/noticiaanexos/1272649863_aee1535dc2037f6433ca5e0011dcd609_138912915.pdf>. Acesso em: 20 de jul. 2022, v. 16, 2011.

FELICIANO, M. E.; RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; VITOR, P. C. G. Avaliação de diferentes hipsômetros na estimativa da altura total. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 1–5, 2016.

FERREIRA, D. F. *Estatística Multivariada*. 3. Ed. Lavras: UFLA, 2018. 624 p.

FERREIRA, C. A.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, D. C. D.; SANTOS, M. V. F. D.; SILVA, J. A. A. D.; LIRA, M. D. A.; MOLICA, S. G. Utilização de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética entre clones de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, 1560–1568, 2003.

FOELKEL, C. As plantações de florestas no Brasil. In: BORÉM, A. (ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. v. 1, p. 13–24.

FOELKEL, Ester; FOELKEL, Celso. **Problemas e Desafios para os Pinus**. 2011. Disponível em: http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_33.html#tres. Acesso em: 10 ago. 2022.

FREITAS, F. C.; SILVA, J. T.; SILVEIRA PIO, N.; LIMA, R. M. B. Modelagem da relação hipsométrica em plantios de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) na Amazônia central. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 2, 180–188, 2020.

FRENCH, A.; MACEDO, M.; POULSEN, J.; WATERSON, T.; YU, A. Multivariate analysis of variance (MANOVA), 2008.

FOWELLS, H.A. Silvics of Forest Trees of the United States. **Agriculture Handbook** 271, Washington DC: US Department of Agriculture, 762 p., 1965.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 11 ed. Piracicaba. Nobel, 1985.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Bookman Editora, 2009.

HIGA, R. C. V.; WREGE, M. S.; RADIN, B.; BRAGA, H.; CAVIGLIONE, J. H.; BOGNOLA, I.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C.; CARAMORI, P. H.;

OLIVEIRA, Y. M. M. **Zoneamento Climático: *Pinus taeda* no Sul do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 17p.

HUBBELL, S. P.; WIEMER, D. F. Host plant selection by Attini ant. In: JAISSON, P. **Social insects in the tropics**. Paris: University of Paris Press, 1983, v. 2, p. 133 – 157.

HUBERTY, C. J.; OLEJNIK, S. **Applied MANOVA and discriminant analysis**. John Wiley & Sons, 2006.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório anual 2021**. São Paulo: Pöyry Consultoria em Gestão e Negócios, 2021.

INOUE, M. T.; FILHO, A. F.; LIMA, R. Influência do espaço vital de crescimento na altura e diâmetro de *Pinus taeda* L. *Sci. For.*, v. 39, n. 91, p. 10, 2011.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 816 p.

KACHIGAN, S. K. *Multivariate statistical analysis*. 2nd ed. New York: Radius Press, 1991. 303 p.

KIERAS, W. S.; AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A. Potencial genético e produtivo das procedências de *Pinus taeda* na Região Sul do Brasil. In: **Embrapa Florestas–Resumo em anais de congresso**. Evento De Iniciação Científica Da Embrapa Florestas, v. 12, 2013, Colombo, 2013.

KILCA, R. D. V. **Emprego da análise discriminante de Fischer para classificar tipos de florestas no bioma Pampa, RS, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-graduação em Estatística e Modelagem Quantitativa, Santa Maria, 2009.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 160p.

LEDO, C. A. D. S.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1214–1221, 2003.

LEONARDECZ NETO, E. Variação genética e métodos de seleção em progênies sul-africanas de *Pinus patula* (Schiede & Deppe). 1998. 71 p. Dissertação (Mestrado em Genética) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LONGHI, S. J.; GALVÃO, F.; CHAVES NETO, A.; KUNIYOSHI, Y. S. Aplicação da análise multivariada no agrupamento de comunidades florestais. **Cadernos da Biodiversidade**, v. 2, n. 2, p. 47–60, 1999.

LOPES, J. F. B. **Dinâmica da biomassa aérea e remanescente em área de plano de manejo na Floresta Tropical Seca, Caatinga**. 73f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2018.

MACEDO, R.L.G.; VALE, A.B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: Editora UFLA, 2010. 331p.

MACHADO SA & FIGUEIREDO FILHO A. 2014. **Dendrometria**. 2.ed. Guarapuava: UNICENTRO. 316 p.

MACHADO, Sebastião do Amaral. ESTIMATIVA DE SOBREVIVÊNCIA DE *Pinus taeda* EM PLANTIOS HOMOGÊNEOS. FLORESTA, [S.l.], jun. 1979. ISSN 982–4688. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/6240>. Acesso em: 11 ago. 2022. Doi:<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v10i1.6240>.

MARRIOTT, J. H. C. *The interpretation of multiple observations*. London: Academic Press, 1974. 117 p.

MAYRINCK, R. C.; DE OLIVEIRA, X. M.; SILVA, G. C. C.; VITOR, P. C. G.; FERRAZ FILHO, A. C. Avaliação de hipsômetros e operadores na mensuração de árvores de *Eucalyptus urograndis* de tamanhos diferentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 5, p. 90–94, 2016.

MENDONÇA, A. R. de; CHAVES, S. P. e C. de; CALEGARIO, N. Modelos Hipsométricos Generalizados Mistos Na Predição Da Altura De *Eucalyptus* Sp. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 107–115, 2015.

MIGUEL, E. P.; LEAL, F. A. **Seleção de equações volumétricas para a predição do volume total de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake na região norte do estado de Goiás**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 8, n.14; p. 1372–1386, 2012.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: editora UFMG, 2005. 297p.

MONTAGNA, R. G.; YAMAZOC, G. Utilização de madeira de pequenas dimensões. **Silvicultura**, v.2, n.14, p.78–179, 1978.

MUNICÍPIO DE MALLET. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-mallet.html>. Acesso em: 24 jul. 2022.

NICACIO, J. E. M.; PERUSSOLO, M. A.; LIMA, A. C. S. S. Análise de variância multivariada – MANOVA na seleção de produtores de laranja *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. **Revista de Estudos Sociais**, n. 30, v. 15, p. 189–202, 2013.

NICKELE, M. A.; REIS FILHO, W.; OLIVEIRA, E.B.; IEDE, E.T.; CALDATO, N.; STRAPASSON, P. Attack of leaf-cutting ants in initial pine plantations and growth of plants artificially defoliated. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 892–899, 2012.

NICKELE, M. A.; REIS FILHO, W.; PENTEADO, S. R. C.; QUEIROZ, E. C. de. Manejo de *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) em plantios florestais na Região Sul do

Brasil. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 4., 2018, Brasília. **Anais** [...]. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 335–339.

NICKELE, M. A.; REIS FILHO, W.; PENTEADO, S. R. C.; QUEIROZ, E.C. de; SCHAITZA, E. G.; PIE, M. R. Potential damage by *Acromyrmex* ant species in pine plantations in southern Brazil. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 23, p. 32–40, 2021.

NICOLETTI, M. F.; SOUZA, K.; SILVESTRE, R.; FRANÇA, M. C.; ROLIM, F. A. Relação hipsométrica para *Pinus taeda* L. em diferentes fases do ciclo de corte. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 80–89, 2016.

NICOLETTI, M. F.; LAMBERT, L.; SOARES, P. R. C.; DA SILVA CRUZ, G.; ALMEIDA, B. R. S.; STEPKA, T. F. Equações hipsométricas, volumétricas e funções de afilamento para *Pinus* spp. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 4, p. 474–482, 2020.

NIERI, Erick Martins *et al.* **ADAPTABILIDADE E SELEÇÃO EM PROGÊNIES DE PINUS TROPICAIS AOS TRÊS ANOS**. 2019. 68 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Florestal, Silvicultura e Genética Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/35149/2/TESE_Adaptabilidade%20e%20sele%C3%A7%C3%A3o%20em%20prog%C3%AAnies%20de%20pinus%20tropicais%20ao%20tr%C3%AAs%20anos.pdf. Acesso em: 10 ago. 2022.

OLIVEIRA, L. T. D.; FERREIRA, M. Z.; CARVALHO, L. M. T. D.; FERRAZ FILHO, A. C.; OLIVEIRA, T. C. D. A.; SILVEIRA, E. M. D. O.; JUNIOR, F. W. A. Determinação do volume de madeira em povoamento de eucalipto por escâner a laser aerotransportado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 9, p. 692–700, 2014.

PEREIRA, K. D. **Aprendizagem de máquina e técnicas multivariadas no estudo da qualidade do carvão vegetal**. 53f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

PEREIRA, P. V. M.; RAMOS, J. E. S.; PEREIRA, M. M.; SCHMIDT, V. Planejamento da exploração florestal: um estudo na Amazônia brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 18376–18403, 2019.

PEZUTTI, R. V.; CALDATO, S. L. Sobrevivência e crescimento inicial de mudas de *Pinus taeda* L. com diferentes diâmetros do colo. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 355–362, 2011.

REIS, E. **Estatística Multivariada Aplicada**. 2 ed. Lisboa, Silabo, 2001.

REIS FILHO, W.; SANTOS, F. dos; STRAPASSON, P.; NICKELE, M. A. Danos causados por diferentes níveis de desfolha artificial para simulação do ataque de formigas cortadeiras em *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, p. 37–42, 2011b.

SANQUETTA C. R.; WATZLAWICK L. F.; CÔRTE P. D.; FERNANDES, L. A. V. **Inventários florestais: planejamento e execução**. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora. 2009. 319 p.

SANQUETTA, M. N. I.; SANQUETTA, C. R.; MOGNON, F.; DALLA CORTE, A. P.; RODRIGUES, A. L.; MAAS, G. C. B. Ajuste de equações hipsométricas para a estimação da altura total de indivíduos jovens de teca. **Científica**, v. 43, n. 4, p. 400–406, 2015.

SANTOS, M. G. **Pinus taeda SOB DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO NO SUL DO BRASIL**. 2021. 52 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Florestal, Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/72093/R%20-%20D%20-%20MARINA%20GORGETE%20SANTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 ago. 2022.

SANTOS, J. H. D. S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. D.; SOUZA, A. L. D.; SANTOS, E. D. S.; MEUNIER, I. M. J. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **Revista Árvore**, v. 28, p. 387–396, 2004.

SCHULTZ, R. P. **Loblolly pine: the ecology and culture of loblolly pine (*Pinus taeda* L.)** New Orleans: USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1997. 493p.

SENA, A. L. M.; SILVA NETO, A. J. D.; OLIVEIRA, G. M. V.; CALEGARIO, N. Modelos lineares e não lineares com uso de covariantes para relação hipsométrica de duas espécies de pinus tropicais. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 969–980, 2015.

SILVA, J. C. **Avaliação de uma série internacional de ensaios de proveniência de *Pinus kesiya* para características de adaptação, crescimento e qualidade da madeira**. Horsholm: Centre for Skov, Landskab og Planaegning/Kobenhavns Universitet, 2007.

SHIMIZU, J. *et al.* Esforço cooperativo para suporte à silvicultura de pinus no Brasil. 4º Encontro Brasileiro de Silvicultura. **Anais...**Ribeirão Preto, SP, Brasil: 2018

SHIMIZU, J. Y.; SEBEN, A. M. Espécies de Pinus na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J. Y. **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 49–74.

SOUZA, D. R. D.; SOUZA, A. L. D.; GAMA, J. R. V.; LEITE, H. G. Emprego de análise multivariada para estratificação vertical de florestas inequidêneas. **Revista Árvore**, v. 27, p. 59–63, 2003.

SOUZA, A. L. D.; SOUZA, D. R. D. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, v. 30, p. 49–54, 2006.

STEPKA, T. F.; JUNIOR, G. Z.; LISBOA, G. D. S.; CERQUEIRA, C. L.; PESCK, V. A.; ROIK, M. Modelos volumétricos e funções de afilamento para *Pinus taeda* L. na região Dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Espacios**, v. 38, n. 21, p. 26–3, 2017.

THOMAS, C.; ANDRADE, C.M.; SCHNEIDER P.R.; FINGER, C.A. **Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 3. p. 319–327, 2006.

THOMPSON, B. E. **Seedling morphological evaluation – what you can tell by looking.** In: DURYEA, M. L. (Ed.) Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests Proceedings. Corvallis: Forest Research Laboratory, Oregon State University, p. 59–71, 1985.

Trazzi, P. A., Santos, J. A., Dobner Júnior, M., Higa, A. R., Roters, D. F., & Caldeira, M. V. W. (2020). A qualidade morfológica de mudas de *Pinus taeda* afeta o seu crescimento em campo no longo prazo?. *Scientia Forestalis*, 48(127), e3052. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n127.04>