

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Douglas Rufino Vaz

**Sistema multiestrato de produção florestal: *Cupressus lusitanica* Mill. sob
cobertura de *Pinus taeda* L.**

Curitibanos
2019

Douglas Rufino Vaz

**Sistema multiestrato de produção florestal: *Cupressus lusitanica* Mill. sob
cobertura de *Pinus taeda* L.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais
da Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Florestal.
Orientador: Prof. Dr. Mário Dobner Júnior.

Curitiba

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Vaz, Douglas Rufino
SISTEMA MULTIESTRATO DE PRODUÇÃO FLORESTAL : Cupressus
lusitanica Mill. SOB COBERTURA DE Pinus taeda L. / Douglas
Rufino Vaz ; orientador, Mário Dobner Júnior, 2019.
51 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Sistema multiestrato. 3.
Manejo florestal. 4. Produção florestal. I. Dobner Júnior,
Mário. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

Douglas Rufino Vaz

**SISTEMA MULTIESTRATO DE PRODUÇÃO FLORESTAL: *Cupressus lusitanica*
Mill. SOB COBERTURA DE *Pinus taeda* L.**

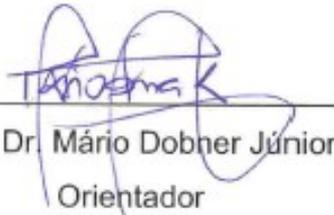
Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal.

Curitiba, 05 de novembro de 2019.



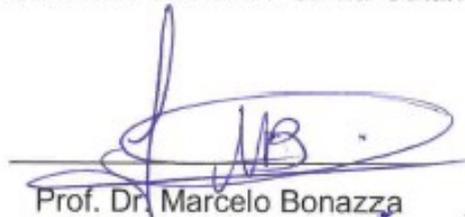
Prof. Dr. Marcelo Callegari Scipioni
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Mário Dobner Júnior
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Marcelo Bonazza

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Marcos Felipe Nicoletti

Universidade Estadual de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado a minha avó Glória Rufino (*in memoriam*), por todos os seus ensinamentos e momentos que passamos juntos. Só tenho a agradecer por tudo! Saudades!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por tudo que passei, pela força e energia que me deu para realizar esse sonho, e ultrapassar todas as barreiras impostas em meu caminho. Agradeço a minha família por todo o ensinamento e educação que me passaram, e por estarem sempre me apoiando em minhas tomadas de decisões. Aos meus amigos, que ao longo desse tempo se tornaram pilares de confiança e amizade, vencendo as etapas dessa vida acadêmica. Agradeço a cada um que de uma forma ou de outra, me ajudou a crescer profissionalmente, como pessoalmente, seja por meio de um conselho, palavras de apoio, puxões de orelha e por cada risada, esses momentos estarão para sempre eternizados em minha memória. Agradeço aos professores que durante esses anos se tornaram mais que mestros, mas sim amigos, compartilhando todo o seu conhecimento, obrigado de coração a cada um. Agradeço por último meu orientador, Mário Dobner Júnior, que sempre estava disposto a me ajudar e sanar minhas dúvidas, me trazendo conselhos que levarei por toda a minha vida. Por fim, só tenho a agradecer, muito obrigado. Ao Vasco Tudo ☩

RESUMO

No contexto de produção florestal, o modelo atualmente utilizado no sul do Brasil é restrito a plantações monoespecíficas e equiâneas. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é propor e avaliar um novo modelo de produção florestal, com o objetivo de suprir a demanda crescente de madeira para usos mais nobres e potencialmente mais valiosos. O objetivo específico é a caracterização dendrométrica e uma análise econômica do sistema. A proposta compreende o uso de um sistema de cobertura, caracterizado por dois estratos bem definidos. A sobreposição de culturas de diferentes espécies e idades permite um uso potencialmente melhor do espaço produtivo. Em um plantio de *Pinus taeda* com 23 anos de idade, realizou-se uma colheita parcial mantendo 60 indivíduos ha^{-1} , bem distribuídos. Desta forma, estabeleceu-se o estrato superior. Na sequência, foram implantadas 1.600 mudas por hectare de *Cupressus lusitanica*, estabelecendo-se assim, o estrato inferior. A avaliação do experimento foi realizada 13 anos após o estabelecimento do experimento, a partir da medição de 10 unidades amostrais circulares com 500 m^2 cada, onde foram mensuradas o *dap*, a altura total, a altura da base da copa viva e a área de projeção das copas para ambas as espécies. As características dendrométricas observadas para *C. lusitanica* e *P. taeda*, respectivamente, foram: *dap* médio de 12,6 cm e 58,0 cm, altura média de 11,9 m e 29,8 m, d_{100} de 20,4 cm e 58,0 cm, *G* de 20,6 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ e 15,9 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, volume de 171,5 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ e 219,8 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, e uma área de copa de 3.386 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ e 7.725 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$. Os valores somados de área basal (36,5 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) e principalmente de área de projeção de copa (11.112 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) indicam um melhor uso do espaço produtivo (>1 ha) em sistema multiestrato. A proximidade dos indivíduos de *C. lusitanica* com as árvores adultas de *P. taeda*, não afetou significativamente o crescimento da primeira, tanto em diâmetro quanto em altura, em relação a segunda. Após uma realização econômica prévia, o sistema apresentou uma taxa de valoração da receita bruta (TVRB) de 6,3%, sendo superior a TMA de 5% desejada. O modelo de produção proposto permitiu obter árvores de grandes dimensões de *P. taeda* (~34 anos) ao mesmo tempo que o estrato inferior alcançou meia rotação. Em linhas gerais, constata-se a possibilidade de sobreposição de rotações com ciclos de ~30 anos obtidos em intervalos de ~15 anos.

Palavras-chave: Produção florestal. Manejo florestal. Sistema de multiestratos.

ABSTRACT

In the context of forest production, the approach currently used in the southern Brazil is restricted to monospecific and evenaged plantations. Therefore, the main objective of this work was the proposal of a new model of forest production, aiming at to supply the growing demand of timber for nobler end-uses, potentially more valuable ones. The specific objective is the dendrometric characterization of the system. The proposal comprises the use of a shelterwood system, characterized by two well-defined strata. Overlapping crops of different species and ages allows for potentially better use of productive space. In a 23-year-old *Pinus taeda* plantation, a partial clear cut was carried out keeping 60 individuals ha⁻¹, well distributed. In this way the upper stratum was established. Subsequently, 1,600 seedlings ha⁻¹ of *Cupressus lusitanica* were planted, thus establishing the lower stratum. The evaluation of the experiment was performed 13 years after the establishment of the experiment, by measuring 10 circular sample plots with 500 m² each, where the *dbh*, total height, height of the canopy base and crown projection area were measured. The dendrometric characteristics observed for *C. lusitanica* and *P. taeda*, respectively, were: mean *dbh* 12.6 cm and 58.0 cm, average height 11.9 m and 29.8 m, *d*₁₀₀ 20.4 cm and 58,0 cm, G of 20.6 m² ha⁻¹ and 15.9 m² ha⁻¹, volume of 171.5 m³ ha⁻¹ and 219.8 m³ ha⁻¹, and a crown area of 3,386.7 m² ha⁻¹ and 7,725.4 m² ha⁻¹. The summed values of basal area (36.5 m² ha⁻¹) and mainly canopy projection area (11,112.1 m² ha⁻¹) suggest a better use of the productive space (>1 ha) in a multistrata system. The proximity of the individuals of *C. lusitanica* to the adult *P. taeda* adult trees did not significantly affect the growth of the former, both in diameter and height, in relation to the latter. After a previous economic realization, the system presented one of a 6.3% gross revenue appreciation rate (GRVR), being above the desired 5% MRA. The proposed production model allowed to obtain big-sized trees of *P. taeda* (~ 34 years) at the same time that the lower stratum reached half rotation. In general, it is concluded that it might be possible to overlap rotations with ~ 30 years cycles obtained at intervals of ~ 15 years.

Keywords: Forest production. Forest management. Multi-level system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem da área experimental, 13 anos após a instalação do experimento, evidenciando o estrato superior formado por <i>P. taeda</i> com 36 anos de idade e o estrato inferior formado por <i>C. lusitanica</i> com 13 anos de idade	22
Figura 2 – Localização da área experimental e das parcelas amostradas na realização do inventário no experimento	23
Figura 3 – Utilização do Software ImageJ, para obtenção das medidas em cm, dos anéis de crescimento dos discos de <i>P. taeda</i>	27
Figura 4 – Distribuição dos dados dendrométricos para <i>P. taeda</i> e <i>C. lusitanica</i>	31
Figura 5 – Gráficos de resíduos para <i>P. taeda</i> e <i>C. lusitanica</i>	32
Figura 6 – Crescimento médio (cm) em relação aos anéis de crescimento (anos), das árvores de <i>P. taeda</i> no sistema de multiestratos	35
Figura 7 – Destaque do disco de <i>P. taeda</i> na região do <i>d</i> do disco, com destaque ao 23º anel de crescimento	36
Figura 8 – Distribuição das variáveis de <i>dap</i> e <i>h</i> do estrato inferior (<i>C. lusitanica</i>), em relação ao longo de 10 m de distância do estrato superior (<i>P. taeda</i>)	36
Figura 9 – Projeção horizontal da unidade amostral do projeto	38
Figura 10 – Projeção vertical do sistema multiestratos	39
Figura 11 – Ilustração dos estratos superior (<i>P. taeda</i>) e inferior (<i>C. lusitanica</i>), com algumas características relevantes, como: altura total; altura da base da copa; e raio de projeção da copa	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelos volumétricos analisados a fim de estimar o volume individual das árvores de <i>P. taeda</i> e <i>C. lusitanica</i>	24
Tabela 2 – Parâmetros matemáticos do polinômio de 5º de Schöepfer, com as análises descritivas do modelo	26
Tabela 3 – Sortimentos de venda adotado pela empresa, com suas respectivas medidas e valores, que se enquadraram no sortimento das árvores avaliadas	26
Tabela 4 – Características dendrométricas encontradas no sistema multiestratos florestal, para os estratos superior (<i>P. taeda</i> , 36 anos) e inferior (<i>C. lusitanica</i> , 13 anos)	29
Tabela 5 – Comparação dos modelos volumétricos testados para a estimativa do volume individual para o estrato superior (<i>P. taeda</i>) e o estrato inferior (<i>C. lusitanica</i>)	32
Tabela 6 – Número médio de toras apresentadas por árvore de <i>P. taeda</i> , aos 23 e 36 anos, podas até os 6 m, com o valor médio total da venda de cada árvore	41
Tabela 7 – Número médio de toras apresentadas por árvore de <i>P. taeda</i> , aos 23 e 36 anos, podas até os 11 m, com o valor médio total da venda de cada árvore	42

LISTA DE SIGLAS

d_{ap} Diâmetro a altura do peito (1,3 m)

h Altura total individual

g Área transversal individual

v Volume total individual

d_{100} Diâmetro dos 100 maiores indivíduos no hectare

h_{100} Altura dos 100 maiores indivíduos no hectare

N Número totais de indivíduos

G Área basal total

V Volume total

h_{BC} Altura da base da copa

AP_C Área de projeção da copa

AC_T Área de copa total

TMA Taxa mínima de atratividade

TVRB Taxa de valoração da receita bruta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	MANEJO EM SISTEMA DE MULTISTRATOS.....	15
2.2	CLASSIFICAÇÃO, CARACTERÍSTICAS E MERCADO DO <i>Pinus taeda</i> L..	17
2.3	CLASSIFICAÇÃO, CARACTERÍSTICAS E MERCADO DE <i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1	ÁREA DE ESTUDO	21
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	21
3.3	COLETA DE DADOS.....	22
3.4	PROCESSAMENTO DOS DADOS	24
3.5	MEDIÇÕES DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE <i>P. taeda</i>	27
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA.....	29
4.2	CRESCIMENTO DE <i>P. taeda</i> E <i>C. lusitanica</i> NO SISTEMA.....	31
4.2.1	Análise dos anéis de crescimento do <i>P. taeda</i>	34
4.3	INFLUÊNCIA DO ESTRATO SUPERIOR SOBRE O INFERIOR	36
4.4	OCUPAÇÃO DO ESPAÇO PRODUTIVO POR <i>P. taeda</i> E <i>C. lusitanica</i>	37
4.5	ANÁLISE PRELIMINAR ECONÔMICA.....	40
5	CONCLUSÃO.....	44
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

No contexto de produção florestal, o modelo atualmente utilizado na silvicultura está estagnado, o manejo florestal é composto por apenas uma espécie com potencial produtivo, basicamente funcionando como o modelo convencional de agricultura. Esse modelo de silvicultura favorece o manejo dessas áreas, pois facilita a colheita e plantio das mesmas, além da facilidade do manejo no controle de pragas e doenças. Em contrapartida, a possibilidade de um ataque de pragas de maneira exponencial é apresentada, ocorre uma perda na biodiversidade, desencadeando a fauna e a flora do local de plantio, além de transformar toda a área plantada, sofrendo processos de erosão e compactação do solo, no seu plantio e colheita.

O sistema de multiestratos de produção florestal surge como uma alternativa, pois esse projeto apresenta caráter produtivo, e de alta relevância econômica/ecológica, por se tratar da proposta de um novo modelo de produção florestal, que busca novos métodos para suprir a demanda necessária de madeira pela população, produzindo madeira de alta qualidade, para usos potencialmente mais nobres, pelo fato da sobreposição de culturas de diferentes espécies e idades, com um tempo mais curto, buscando um melhor uso da área e dos recursos, além de apresentar caminhos que levem a uma maior proteção do solo e da biota no local.

Pelo fato de ser uma proposta inovadora no Brasil, não existem trabalhos semelhantes desenvolvidos com esse assunto, o que aumenta a importância dos estudos nessa área. Essa proposta tem origem das florestas boreais do Canadá, e das florestas ocidentais da Europa, onde o cunho desse sistema é de regeneração natural, e de produção, como o que vem sendo empregado nesse projeto.

Diante do funcionamento do sistema de multiestratos florestais, algumas perguntas são levantadas, como por exemplo: Como o *Pinus taeda* na fase adulta se comporta com um aumento tão abrupto de espaço para o seu crescimento? É possível a produção de madeira de 30 anos, com a sobreposição de culturas e ciclos de 15 anos? A cobertura de *Pinus taeda* auxilia na proteção do solo e diminui a mortalidade de mudas de *Cupressus lusitanica*? Espera-se que esses problemas sejam

respondidos, com o *Pinus taeda* ganhando em volume, enquanto o *Cupressus lusitanica* se desenvolve simultaneamente nesse sistema.

Acredita-se que após estabelecido o sistema de multiestratos florestais, é possível a de 30 anos, com ciclos de 15 anos.

Por ser uma técnica recente de manejo, os seus efeitos sobre as florestas de coníferas ainda não são bem compreendidos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a produção florestal em sistema de cultivo multiestratos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Quantificar o crescimento acumulado e médio para d_{ap} , h , d_{100} , V das árvores de *Pinus taeda* e *Cupressus lusitanica* no sistema de multiestratos;

Analisar o desenvolvimento do *C. lusitanica* sob a cobertura do estrato superior (*P. taeda*).

Quantificar a ocupação do espaço produtivo pelos diferentes estratos por meio da quantificação da G e da área de projeção de copa de ambos estratos;

Avaliar o desempenho econômico do sistema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MANEJO EM SISTEMA DE MULTIESTRATOS

De acordo com Mason *et al.* (1999), o sistema de multiestratos florestais é caracterizado por evitar grandes desbastes na área, sem a retenção de alguma árvore madura, em um raio equivalente a duas vezes a altura da árvore retirada. Segundo Davies *et al.* (2008) esse sistema florestal se enquadra em dois métodos silviculturais, sendo eles: sistema de seleção e sistema de plantio sob cobertura.

O sistema de seleção segue os princípios que a colheita e a regeneração ocorrem de maneira simultânea na área, e continuamente, apresentando árvores de tamanhos variáveis, e dispersas de maneira conjunta. O sistema de seleção ainda podem ser subdivididos em método de seleção de árvore única ou seleção em grupo. Além disso, o desbaste de densidade variável pode ser usado em florestas com idades desiguais, para promover a heterogeneidade espacial, e promover a estratificação do plantio (DAVIES *et al.*, 2008).

O sistema de plantio sob cobertura é basicamente composto pelo plantio ou regeneração das plantas, sob uma cobertura já estabelecida (estrato superior), que é gradualmente removida. Isso favorece a regeneração natural ou plantio de espécies, apresentando um crescimento mais ou menos uniforme (DAVIES *et al.*, 2008).

O sistema de multiestratos florestais se baseia em 3 princípios:

- a) Cobertura do solo: evitando grandes clareiras. Segundo Mason *et al.* (1999), a remoção da cobertura de árvores em áreas maiores que 0,25 ha deve ser evitadas.
- b) Estabilidade: mantém estável as estruturas das florestas, minimizando os distúrbios bióticos e abióticos (PUKKALA; GADOW, 2011).
- c) Naturalidade: usa-se espécies nativas ou bem adaptadas ao local, para suportar níveis desejados de estabilidade, biodiversidade, e quando necessário, produção (PUKKALA; GADOW, 2011).

O sistema de multiestratos florestais foi usado a primeira vez na Europa Central, com o intuito de regeneração de espécies naturais, principalmente misturadas, composta por coníferas e folhosas (SILVY-LELIGOIS, 1953; SCHÜTZ, 1999). Segundo Raymond *et al.* (2009), o sistema de multiestratos florestais é cada vez mais utilizado no planejamento de jardins públicos, de cidades do Nordeste da América do Norte, onde a neve é presente neste contexto, principalmente para áreas florestais onde processos dinâmicos da natureza e a mortalidade dos indivíduos estão presentes pelas ações edafoclimáticas, dificultando a regeneração natural. No entanto, essa técnica é recente, e seus efeitos sobre as florestas de coníferas, ainda são mal compreendidos (SUFFICE *et al.*, 2015; KAREIVA *et al.*, 2007).

De acordo com Suffice *et al.* (2015), o corte de madeira proveniente de um sistema de multiestratos florestais visa colher, regenerar e melhorar os plantios florestais pelo método de cortes parciais. Esse tipo de corte, e subsequentemente esse sistema de produção, possibilita que diferentes padrões de regeneração e plantios estejam presentes, utilizando mais de um estrato florestal. Como destacado por alguns autores, essa técnica de multiestratos florestais é benéfica em regiões de floresta boreal (clima subtropical), e também se mostrou adequada para plantios heterogêneos, geralmente apresentando madeira de folhosas e gimnospermas, mas que necessita de uma adaptação quando a competição em alguns lugares, principalmente com arbustos é mais intensa (BOUCHER *et al.*, 2009; SEYMOUR; HUNTER, 1992; GROOT, 2002; SCHÜTZ *et al.*, 2012).

Os cortes parciais abrem sucessivamente o dossel dos plantios florestais, tendo um período de regeneração superior a 20% do tempo de rotação da espécie, quando aplicado esse método para os fins de florestas naturais. Devido esse motivo é recomendado manter a complexidade das florestas, e sua diversidade associada (RAYMOND *et al.*, 2009; RAYMOND *et al.*, 2013; SUFFICE *et al.*, 2015).

Nas florestas de coníferas, o sistema de multiestratos foi preconizado como uma forma de criar ou manter estágios da sucessão ecológica florestal (BERGERON; HARVEY, 1997; HARVEY *et al.*, 2002).

Segundo Messier *et al.* (2009), nesta abordagem, o sistema de multiestratos é usado para criar florestas irregulares, com tamanho, idade e espécies diferentes, além de garantir a cobertura parcial contínua da área.

Sob o sistema de multiestratos, as árvores deixadas após o corte parcial, tem um papel primeiramente ecológico, seja como habitat para a biodiversidade, como agente protetor do solo e das mudas, ou então, como fonte de madeira para várias décadas. Esse estrato pode ser mantido conforme se maneje esse sistema de produção, apresentando uma finalidade econômica bem importante (GRAHAM-SUAVÉ *et al.*, 2013; GERLACH *et al.*, 2002).

Dentre os vários métodos de aplicação do sistema de multiestratos florestais (*shelterwood*), assimila-se com o trabalho o método de cobertura uniforme contínua (*uniform shelterwood*), onde o estrato superior é composto de maneira uniforme, apresentando a mesma área de atuação no estrato (BARBEITO *et al.*, 2011). Segundo Raymond e Bédard (2017), esse método visa estabelecer uma mistura de espécies tolerantes à sombra, e tolerantes a meia-idade sob uma cobertura parcial durante 1/5 (20%) do seu tempo de rotação, para gerar estratos com duas idades.

Santala *et al.* (2019) destaca que o método de cobertura uniforme contínua consiste na colheita de árvores em dois ou mais cortes sucessivos, dependendo do objetivo do manejo, com o objetivo principal de gerenciar o ambiente do estrato inferior.

2.2 CLASSIFICAÇÃO, CARACTERÍSTICAS E MERCADO DO *Pinus taeda* L.

De acordo com Ballarin e Palma (2003), devido à grande falta de árvores com grandes diâmetros originárias de florestas naturais, o plantio de florestas de ciclo curto para a produção de madeira se tornou muito comum em todo o Brasil, destacando-se os plantios de *P. taeda* L., principalmente na região sul do Brasil.

Segundo Foelkel e Foelkel (2008), o *P. taeda* está presente em grande parte dos plantios florestais do sul e sudeste do país, servindo como matéria prima para grande parte desse mercado consumidor. Os plantios florestais dessa espécie, com finalidades econômicas surgiram em 1948, pelo Serviço Florestal de São Paulo, destacando-se o *P. taeda*, e o *Pinus elliottii* Engelm., ambos bem adaptados e os mais utilizados em plantações no sul do Brasil.

P. taeda é uma conífera classificada da seguinte maneira, Filo: Coniferophyta; Classe: Pinopsida; Ordem: Pinales; Família: Pinaceae; Gênero: Pinus; Espécie: *Pinus taeda* L. (FOELKEL; FOELKEL, 2008). Quando adulta, a árvore de *P. taeda*, apresenta de 30 a 40 metros de altura em povoamentos comerciais, sua casca apresenta características gretada, seus ramos são de coloração acinzentada e as suas folhas são aciculares, com o objetivo de diminuir a perda de água. A estrutura reprodutiva masculina apresenta um formato cilíndrico, de coloração amarela/amarronzada, já a estrutura reprodutiva feminina são de formato ovado-oblongos, sésseis ou subsésseis. Sua semente é alada, sendo dispersa somente pelo vento, ocorrendo sua formação em 15 a 30 meses (CI FLORESTAS, 2018; FOELKEL; FOELKEL, 2008).

De acordo com Suassuna (1977), já na década de 70, as indústrias florestais representam um importante papel para o desenvolvimento econômico do país, e para o comércio exterior do país, principalmente na venda de madeira serrada e celulose e papel, sendo reforçado por Kohler *et al.*, (2015), especialmente para a região sul do país. A madeira de *P. taeda*, é utilizada para serraria, laminação e para a indústria de celulose e papel, onde grande parte de suas áreas plantadas são para a produção de multiprodutos florestais, melhorando suas características através do manejo e agregando valor ao mesmo. (FOELKEL; FOELKEL, 2008; KOHLER *et al.*, 2015).

Santa Catarina apresenta uma área plantada de aproximadamente 550.000 ha, que corresponde a 34,0% dos plantios de *Pinus* no país (IBÁ, 2017). Houve uma queda na área plantada de *Pinus* em uma taxa de 0,7% a. a., especialmente devido a substituição desse gênero, onde o solo e clima não são tão favoráveis a ele, fato esse que não foi observado na região sul do Brasil, local onde o gênero se encontra melhor adaptado e difundido. Os plantios florestais de *P. taeda*, apresentam um incremento médio anual de aproximadamente 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ aos 15 anos de idade. Essa espécie é amplamente utilizada na produção de celulose de fibra longa, onde representou um total de 2,1 milhões de toneladas produzidas em 2017, além de ser expressivo nas áreas de produção de painéis reconstituídos e produtos sólidos de madeira (EMBRAPA FLORESTAS, 2014; IBÁ, 2017).

2.3 CLASSIFICAÇÃO, CARACTERÍSTICAS E MERCADO DE *Cupressus lusitanica* Mill.

Cupressus lusitanica Mill., segundo Chaves e Fonseca (1991), é uma espécie da família Cupresaceae, que pode alcançar alturas superiores aos 30 m de altura, e superiores a 1 m de diâmetro, se mantem sempre verdes, são resinosas e aromáticas, por ser uma gimnosperma, é uma planta monóica. Sua classificação segue confusa, pois o *C. lusitanica*, apresenta uma alta taxa de hibridação, dificultando portanto sua classificação.

Segundo Chaves e Fonseca (1991), e destacado por Pereira e Higa (2003), o fuste de *C. lusitanica*, é reto, com um leve engrossamento na base, sua dominância apical é visível até a maturidade da árvore, onde depois acaba sendo perdida, a sua casca é desprendida, e apresenta coloração marrom café. Sua madeira apresenta coloração amarelada/marrom pálida, de leve e baixa densidade ($0,41 \text{ g cm}^{-3}$), sua grã é reta, além de apresentar textura fina e uniforme, já suas folhas são verdes escuras, em escamas, na forma ovada, e mesmo depois de secas, suas folhas acabam ficando presas na árvore por muito tempo. Seus estróbilos femininos são deiscentes, praticamente esféricos, formado de 6 a 8 escamas lenhosas, que quando maduras, apresentam coloração marrom e se abrem, dispersando de 75 a 120 sementes. Os estróbilos masculinos são pequenos, de formato cilíndrico, coloração verde e numerosos.

C. lusitanica, é de fácil adaptação a distintos fatores ambientais. Devido sua característica de rápido crescimento, é recomendado que seja cultivado em áreas entre 1500 m e 2500 m de altitude, com uma precipitação anual de 1000 mm até 3000 mm, solos neutros e bem drenados e uma temperatura anual superior aos 12° C , semelhantes a sua área de ocorrência natural, que vem das montanhas do México e Guatemala, porém, nada impede que seja cultivado em solos rasos e erodidos, além de áreas com uma declividade expressiva, pelo fato de apresentar uma alta rusticidade (CHAVES; FONSECA, 1991; STRANDLEY, 1941; EMBRAPA, 1988; PEREIRA; HIGA, 2003).

Segundo Glesinger (1960), os plantios comerciais de *C. lusitanica*, no Brasil são voltados unicamente para a produção de madeira serrada, além de uso como quebra-vento. Mas seu potencial é muito amplo, podendo ser utilizado na indústria moveleira, construção naval, celulose e papel, painéis de madeira de uso interno e externo, especialmente por apresentar uma alta durabilidade natural a pragas e intempéries físicos-químicos (SHIMIZU *et al.*, 1995; PEREIRA; HIGA, 2003; OKINO *et al.*, 2010).

Os grandes plantios comerciais no Brasil surgiram no sul de Minas Gerais, a partir de sementes coletadas de poucos indivíduos, e com isso, não se obteve os altos rendimentos esperados (PEREIRA; HIGA, 2003). Devido esses problemas, várias progênies foram trazidas de Popayan, na Colômbia, realizado um pomar clonal coletor de sementes, e com isso, foi possível escolher os melhores indivíduos para serem cultivados em terras brasileiras. Dessa maneira, a qualidade do crescimento de *C. lusitanica* ficou visível, chegando aos 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, após seus 15 anos de idade (PEREIRA; HIGA, 2003; CHAVES; FONSECA, 1991).

A área plantada de *C. lusitanica*, não é conhecida e possivelmente inexpressiva, pois o país é dominado por plantios de espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*, que ocupam 93% da área de aproximadamente 8 milhões de ha de florestas plantadas no país. O estado de Santa Catarina apresenta uma área plantada de 6,6 mil ha de espécies diferentes de *Pinus* e *Eucalyptus*, o que corresponde a 1% da área plantada no estado (IBÁ, 2017; ACR, 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi realizado na cidade de Capão Alto, Santa Catarina, a aproximadamente 70 km de distância da cidade de Lages, em uma área pertencente a empresa Florestal Gateados Ltda., nas coordenadas 27°58'02" S e 50°49'21" O.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da área é do tipo Cfb, com a temperatura média do mês mais quente, em geral, inferior a 22°C, com verões frescos e sem estação seca definida, com ocorrência de geadas. A precipitação anual que varia de 1.300 a 2.400 mm (ALVARES *et al.*, 2013).

A classificação do solo da região fica caracterizado como uma associação Terra Bruna/Roxa Estruturada Álica A moderado, textura muito argilosa, relevo suave ondulado e ondulado + Cambissolo Álico Tb A moderado, textura argilosa, relevo ondulado, ambos fase campo subtropical – TBRa1, de acordo com a classificação de solos do estado de Santa Catarina, proposta pela Embrapa (2004). Devido à restrição natural imposta pela baixa fertilidade, aliada aos teores elevados de alumínio trocável (AL^{3+}), os solos integrantes desta associação são poucos utilizados para fins agrícolas, o que favorece em sua totalidade, para usos de exploração pecuária, ou reflorestamentos florestais, destacando o emprego de práticas conservacionistas, principalmente em áreas com uma declividade expressiva. Atualmente o uso do solo provém em sua grande maioria com espécies florestais perenes sobre sua cobertura, seja ela para fins comerciais, ou conservacionistas. Mas antigamente, a área era utilizada para a criação de gado de corte, que ocorreu até meados da década de 70.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Em um povoamento de *P. taeda* com 23 anos de idade (ano de plantio: 1982), com uma proposta de manejo que previa 4 desbastes na área (aos 5, 9, 13 e 18 anos), realizou-se uma colheita parcial de forma a manter, aproximadamente, 60 indivíduos

por hectare, sendo eles bem distribuídos na área de maneira aleatória. Desta forma, estabeleceu-se o estrato superior do experimento.

Na sequência, foram implantadas 1.600 mudas ha^{-1} de *C. lusitanica* (espaçamento de plantio: 2,5 m x 2,5 m), estabelecendo-se assim, o estrato inferior do experimento (Figura 1).

Na primavera de 2018, o experimento completou 13 anos de idade, sendo esta a idade do *C. lusitanica*, enquanto que o estrato superior, formado por *P. taeda*, apresentava 36 anos. Neste momento realizaram-se as mensurações e quantificações apresentadas a seguir.

Figura 1 – Imagem da área experimental, 13 anos após a instalação do experimento, evidenciando o estrato superior formado por *P. taeda* com 36 anos de idade e o estrato inferior formado por *C. lusitanica* com 13 anos de idade.

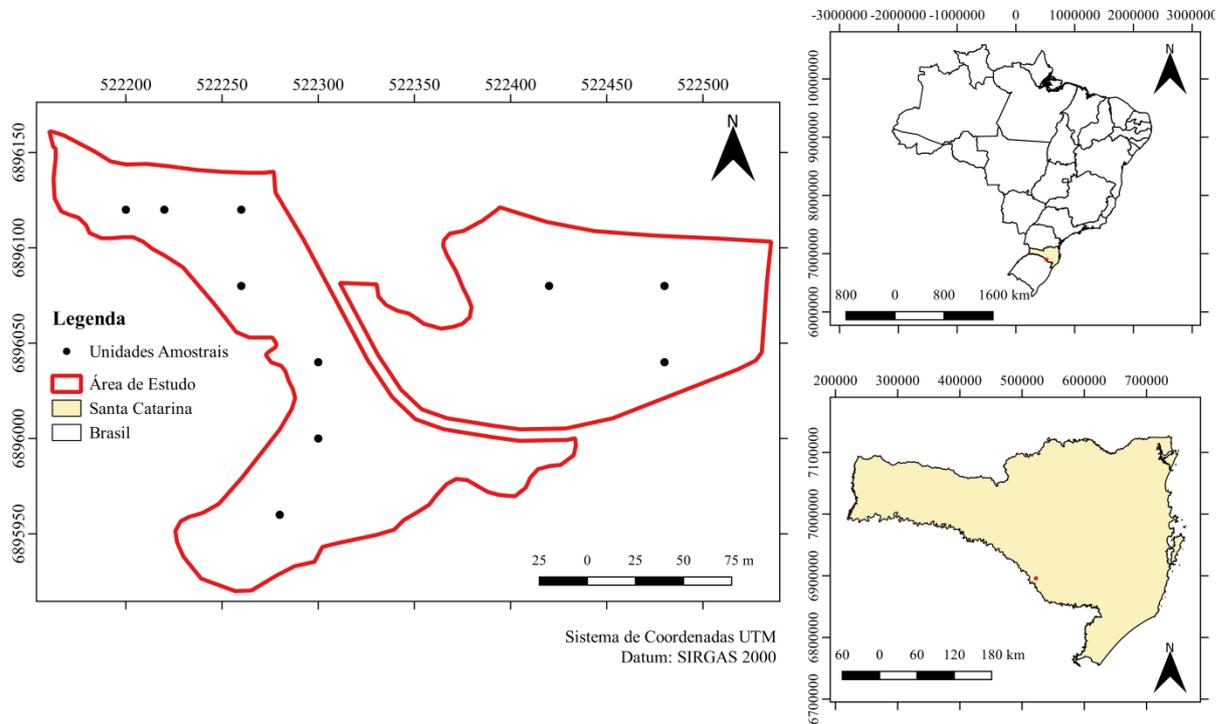


Fonte: O autor (2018).

3.3 COLETA DE DADOS

No outono de 2018 foi realizado um inventário florestal da área (Figura 2), com 10 parcelas circulares de 500 m² (raio: 12,62 m), distribuídas de forma sistemática, com início aleatório, utilizando para tal uma malha de coordenadas UTM definida em 20 m x 20 m. Foram medidos o diâmetro à altura do peito (d_{ap} , 1,3 m) com fita diamétrica, altura total (h) e altura da base da copa viva (h_{bc}) com hipsômetro Vertex e área de projeção das copas para ambas as espécies.

Figura 2 – Localização da área experimental e das parcelas amostradas na realização do inventário no experimento.



Fonte: Larissa Regina Topanotti (2019).

Cada unidade amostral foi mensurada de forma a se obter um croqui de localização (x, y) de todos os indivíduos presentes na mesma.

A área de projeção da copa foi obtida a partir da medição da distância da extremidade do galho até o fuste da árvore nas 4 direções cardinais (N, S, L, O), com o auxílio do TruPulse 200®. Os raios mensurados, tomados dois a dois, onde foram empregados para o cálculo da quarta parte da área do círculo de projeção da copa (Equação 1).

$$AP_C = \left(\frac{R_1 \times R_2 \times \pi}{4} + \frac{R_2 \times R_3 \times \pi}{4} + \frac{R_3 \times R_4 \times \pi}{4} + \frac{R_4 \times R_1 \times \pi}{4} \right) \quad (1)$$

Em que: AP_C = Área de projeção de copa (m^2); R_1 = Raio no sentido norte (m); R_2 = Raio no sentido sul (m); R_3 = Raio no sentido leste (m); R_4 = Raio no sentido oeste (m).

Ao todo, foram mensuradas 722 árvores de *C. lusitanica* e 30 árvores de *P. taeda*. A área de projeção da copa (AP_C) foi mensurada em todas as 30 árvores de *P.*

taeda e em 94 árvores de *C. lusitanica*, de forma sistemática, correspondente à linha central da parcela, obtendo o valor da AC_T para cada espécie.

3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para o cálculo do volume individual total com casca das árvores, foram cubadas 33 árvores de *C. lusitanica* e 16 árvores de *P. taeda*, onde foram cubadas nas posições de 0,1 m, 0,3 m, 0,5 m, 0,7 m, 0,9 m, 1,3 m, 2 m e a cada um metro até atingir o topo da árvore, com o auxílio de uma suta. Após essa etapa, o volume de cada secção foi calculado por meio da fórmula de Smalian e somado ao volume calculado de cada secção da árvore. Logo após a obtenção desses valores, três modelos volumétricos foram testados para o conjunto de dados (Tabela 1) de cada espécie e elegido o melhor modelo, de acordo com os coeficiente de R^2 ajustado (R^2 aj), erro padrão relativo e absoluto, e pelos Critérios de Informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC), sendo realizado o fator de correção de meyer para os modelos necessários. O melhor modelo foi aquele que apresentou o maior valor de R^2 aj, menor erro padrão (absoluto e relativo), e os menores valores de acordo com AIC e BIC.

Tabela 1 – Modelos volumétricos analisados a fim de estimar o volume individual das árvores de *P. taeda* e *C. lusitanica*.

Autor	Modelos volumétricos
Spurr	$v = \beta_0 + \beta_1 dap^2 h$
Schumacher-Hall	$Ln(v) = \beta_0 + \beta_1 ln(dap) + \beta_2 ln(h)$
Meyer	$v = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \beta_3 dap h + \beta_4 dap^2 h$

Onde: v = volume individual, em m^3 ; dap = diâmetro a altura do peito, em cm; h = altura total, em m; ln = logaritmo natural; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ e β_4 = coeficientes matemáticos das equações.

Fonte: O autor (2019).

Na sequência, os dados foram processados seguindo a abordagem tradicional para os inventários florestais de forma a obter estimativas e respectivas estatísticas para as características individuais e de povoamento para os dois estratos.

A partir da localização (x, y) dos indivíduos presentes nas unidades amostrais, das características dendrométricas de cada um deles e da área de projeção de copa, foram construídos perfis verticais e horizontais, com o objetivo de projetar a imagem do povoamento florestal, mostrando principalmente os estratos utilizados pelas árvores e à área de ocupação da copa pelo perfil horizontal, utilizando uma unidade

amostral que apresentou-se próximo a média dos povoamentos, tanto para a quantidade de indivíduos de cada espécie encontrado, como para o seu diâmetro, altura e projeção do raio de copa.

A análise da influência das copas de *P. taeda* sobre *C. lusitanica* foi realizada confrontando valores das características dendrométricas individuais da segunda árvore de *C. lusitanica*, em função da distância da primeira árvore de *C. lusitanica* em relação a árvore de *P. taeda* e, assim, foi determinada qual a área de influência negativa do estrato superior, de *P. taeda* sobre o inferior de *C. lusitanica*.

O cálculo do incremento periódico anual (IPA) (Equação 2), que consiste na obtenção da diferença entre as variáveis mensuradas no início e no final do período, dividido pelo número de anos do período estudado, e o incremento médio anual (IMA) (Equação 3), que é obtido através da divisão do crescimento acumulado pela idade, seja esse crescimento representado pelo diâmetro ou volume (HUSCH; BEERS; KERSHAW JR, 2003).

$$IPA = \frac{V_{n+1} - V_n}{p} \quad (2)$$

$$IMA = \frac{V_t}{t} \quad (3)$$

Onde: V_{n+1} = volume no final do período estudado (m^3); V_n = volume no início do período estudado (m^3); p = período de tempo estudado (anos); V_t = volume total na idade (m^3); t = idade do povoamento (anos).

Afim de analisar economicamente o fuste das árvores remanescentes de *P. taeda* do estrato superior, utilizou-se o polinômio de 5º (Equação 4), para a obtenção do afilamento das árvores (SCHÖEPFER, 1966), sendo ele o modelo convencional utilizado em vários trabalhos florestais.

$$\frac{d_i}{dap} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{hi}{h}\right)^5 + e_i \quad (4)$$

Onde: d_i = diâmetro medido na altura h_i (cm); dap = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total da árvore (m); h_i = altura de um determinado diâmetro; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ e β_5 = coeficientes da equação; e_i = erro da estimativa.

Os parâmetros matemáticos encontrados pelo afilamento das árvores, através do polinômio de 5º proposto por Schöpfer (1966), encontra-se na tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros matemáticos do polinômio de 5º de Schöpfer, com as análises descritivas do modelo.

Parâmetros	Polinômio de 5º
β_0	1,160240703
β_1	-3,799911406
β_2	16,80599648
β_3	-33,72261992
β_4	28,62143759
β_5	-9,03735552
R² aj	0,95
Syx (cm)	3,9
Syx (%)	8,9

Fonte: O autor (2019).

Para a realização da análise prévia econômica do sistema de multiestratos florestal, realizou-se por meio do polinômio de 5º de Schöpfer (1966), o cálculo para à obtenção do diâmetro na ponta fina (*d_{pf}*), onde as árvores foram valoradas de acordo com o preço de venda das toras pela empresa (Tabela 3), onde o preço (R\$) já se encontra livre dos custos de colheita, estradas e transporte.

Tabela 3 – Sortimentos de venda adotado pela empresa, com suas respectivas medidas e valores, que se enquadraram no sortimento das árvores avaliadas.

Sortimento	Poda	d_{pf} (cm)	Comp. (m)	Preço (R\$/t)
L > 52	Sim	52	2,15	390,00
L 42 – 52	Sim	42	2,60	350,00
L 35 – 42	Sim	35	2,60	265,00
L 25 – 35	Sim	25	2,60	175,00
S > 45	Não	45	2,60	220,00
S 35 – 45	Não	35	3,06	155,00
S 25 – 35	Não	25	3,06	105,00
S 20 – 25	Não	20	1,90	50,00
S 15 – 20	Não	15	2,50	10,00
P 8 – 15	Não	8	2,40	0,00

Onde: *d_{pf}* = diâmetro na ponta fina; Preço (R\$) = referente ao custo da tonelada por sortimento
Fonte: O autor (2019).

Logo após, realizou-se o cálculo econômico por meio da taxa de valoração da receita bruta (TVRB) (Equação 5), utilizou-se uma taxa mínima de atratividade (TMA)

de 5% a. a, para a possível análise (SILVA; JACOVINE; VALVERDE, 2005; VITALE; MIRANDA, 2010).

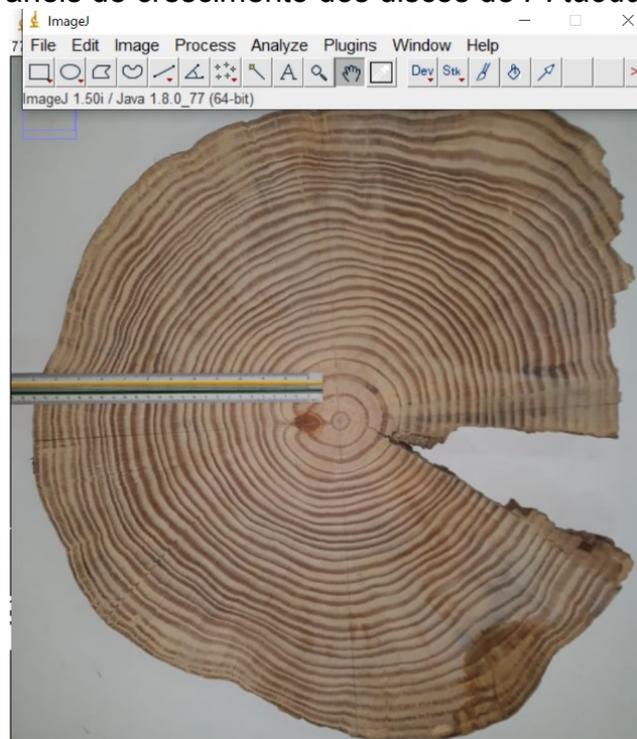
$$TVRB = Ci + \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} \quad (5)$$

Onde: $TVRB$ = Taxa de valoração da receita bruta (R\$); C_j = valor não obtido pelas árvores remanescentes (R\$); R_j = valor anual das receitas (R\$); i = taxa de juros (%); j = período de acontecimentos das receitas ou custos; n = número máximo de períodos.

3.5 MEDIÇÕES DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE *P. taeda*

Para realizar as medições dos anéis de crescimento de *P. taeda*, utilizou-se o auxílio do software ImageJ (SCHNEIDER *et al.*, 2012), onde foram fotografadas imagens dos discos no *dap* de 4 árvores, com a presença de um escalímetro sobre o mesmo, para realizar a escala e possibilitar as medições através do software. Como demonstrado na figura 3.

Figura 3 - Utilização do Software ImageJ, para obtenção das medidas em cm, dos anéis de crescimento dos discos de *P. taeda*.



Fonte: O autor (2019).

No disco, observou-se o maior raio partindo do centro e a 45° no sentido horário, realizando-se de maneira sistemática, a primeira marcação do raio 1, onde após cada 90° obteve-se os raios 2, 3 e 4. Após isso, todos os raios foram mensurados e armazenados em planilha eletrônica, para posterior análise estatística. Essa análise foi realizada em quatro árvores de *P. taeda* que já se encontravam caídas na área do experimento, em função de uma tempestade de verão, ocorrida no ano de 2016. As árvores apresentavam 34 anos e um *dap* médio de 56 cm.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados com o auxílio do software estatístico R (R CORE TEAM, 2019). As características dendrométricas do plantio foram todas avaliadas por meio do software, além de que foram testados os modelos volumétricos no software estatístico R, usando a função *linear model (lm)*, onde os modelos logaritmizados tiveram sua discrepância corrigida pelo fator de Meyer, tendo sua análise de variância recalculada para a possível comparação entre os modelos.

A correlação entre o estrato inferior (*C. lusitanica*) e o estrato superior (*P. taeda*) foi verificada por meio do método de correlação de Pearson, a 5% de significância. Todos os resultados foram apresentados em forma de gráficos de dispersão pelo software.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

Os resultados médios por parcela já extrapolados para o hectare são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Características dendrométricas encontradas no sistema multiestratos florestal, para os estratos superior (*P. taeda*, 36 anos) e inferior (*C. lusitanica*, 13 anos).

	ESPÉCIE		TOTAL
	<i>P. taeda</i>	<i>C. lusitanica</i>	
N (árv. ha ⁻¹)	60	1.444	1.504
dap (cm)	58,0	12,6	---
d₁₀₀ (cm)	58,0*	20,4	---
h (m)	29,8	11,9	---
h₁₀₀ (m)	29,8	13,0	---
G (m ² ha ⁻¹)	15,9	20,6	36,5
V (m ³ ha ⁻¹)	219,8	171,5	391,3
h_{BC} (m)	16,5	5,3	---
AC_T (m ² ha ⁻¹)	7.725,4	3.386,7	11.112,1
Erro (%)	3,0	3,0	---

Onde: *N* = número total de indivíduos por hectare; *dap* = diâmetro à altura do peito (1,3 m); *d₁₀₀* = diâmetro dos 100 maiores indivíduos por hectare; *h* = altura total individual; *h₁₀₀* = altura dos 100 maiores indivíduos por hectare; *G* = área basal total; *V* = volume total; *h_{BC}* = altura da base da copa; *AC_T* = área de copa total; Erro (%) = em relação ao *dap*; * = *P. taeda* foi realizado um *d₆₀*, por não apresentar as 100 árvores por hectare.

Fonte: O autor (2019).

Observa-se que o número de árvores por hectare é diferente entre as espécies, o que é de se esperar, visto que o *P. taeda* já passou por alguns desbastes e uma colheita parcial, o que resultou nas 60 árvores por hectare, quando o mesmo apresentava os 23 anos de idade, até a medição do experimento. Considerando uma densidade de plantio de *C. lusitanica* de 1.600 árv ha⁻¹ (espaçamento 2,5 m x 2,5 m), constata-se que a mortalidade foi de, aproximadamente 10%.

Por ser raro empresas que tenham a adoção de ciclos longos para o *P. taeda*, foi difícil encontrar estudos para a possível comparação dos dados obtidos no inventário. *P. taeda* da área estudado, aos seus 36 anos, apresentou um *dap* e *d₁₀₀* médio de 58,0 cm. Valores inferiores foram encontrados em estudos realizados por

Oliveira, Machado e Figueiredo Filho (1998), que aos 22 anos de idade, as árvores apresentavam um *dap* de 33,8 cm.

O mesmo acontece no estudo de Schumacher *et al.* (2013), que para árvores de *P. taeda* com 27 anos, encontrou um *dap* médio de 48,7 cm. Os estudos que mais se aproximaram em termos de idade de ciclo foi o realizado nos Estados Unidos, aos 30 anos de idade, que obteve um *dap* de 28,6 cm, além disso, observou-se também que o *dap* tende a aumentar conforme se aumenta o espaçamento inicial de plantio (BUFORD,1991).

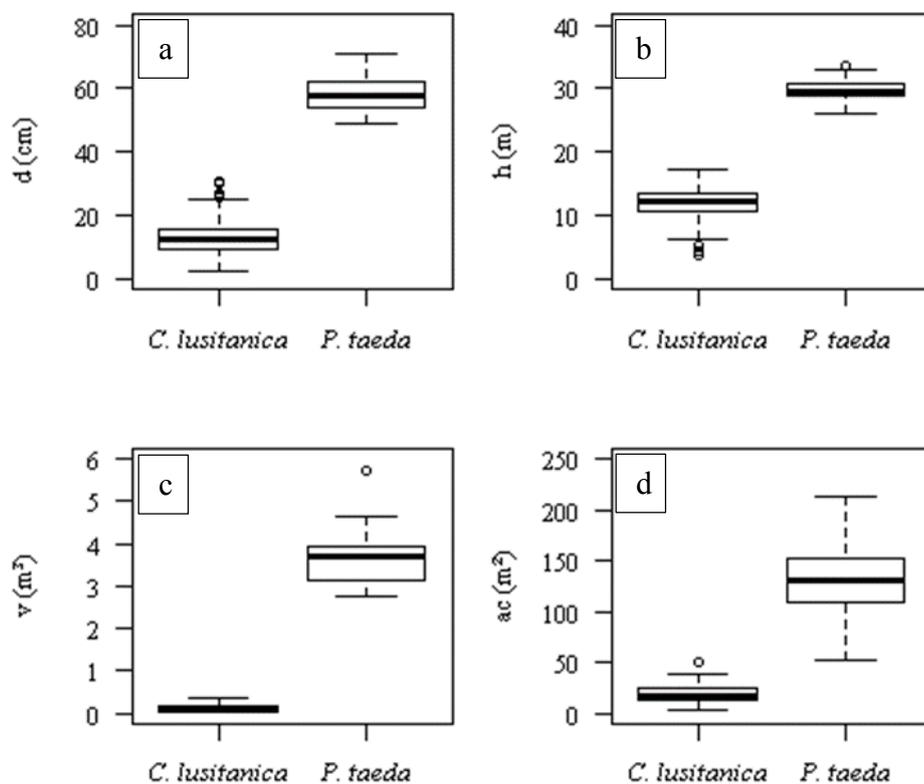
Além de um estudo realizado por Ferreira *et al.* (2019), em Mandirituba, que o *P. taeda* apresentava 33 anos de idade, e um *dap* de 35 cm. Com isso, torna-se possível que o crescimento em *dap* de *P. taeda* tenha se dado pela colheita parcial realizada aos 23 anos de idade (densidade final de 60 árv ha⁻¹), visto que até aquele momento, pelas análises realizadas através dos anéis de crescimento, seu *dap* era em média de aproximadamente 41,4 cm, medidos por meio da análise dos anéis de crescimento, sendo superior ao *dap* de 33,8 cm, aos 22 anos de idade, já mencionados do trabalho de Oliveira, Machado e Figueiredo Filho (1998).

O *dap* médio do *C. lusitanica* aos 13 anos, foi de 12,6 cm, nos 13 anos do experimento, sendo influenciado por diâmetros que variavam de 2,3 cm até 30,6 cm, porém com a medição das árvores de *C. lusitanica*, o seu *d₁₀₀* foi equivalente a 20,4 cm, suas médias são demonstradas na figura 4a. Valores inferiores foram encontrados em outros estudos, como o de parcelas permanentes na Colômbia, Valle (1975), que aos 10 e 15 anos de idade, apresentaram uma média em *dap* de 10,7 cm e 12,5 cm respectivamente. Chinchilla, Chaves e Mora, (2011), em dois plantios na Costa Rica, encontrou valores de *dap*, aos 10 anos de idade, 15,5 cm, superiores aos observados no presente trabalho, juntamente com o estudo de Asaye e Zewdie (2013), realizado na Etiópia, que encontrou um valor de *dap* de 12,6 cm aos 10 anos de idade, enquanto que no trabalho realizado por Malimbwi *et al.* (1992), o valor de *dap* foi de 16,4 cm aos 19 anos, na Tanzânia, África.

A altura total para *P. taeda* variou de 26,0 m até 33,7 m, apresentando uma média 29,8 m, com 36 anos de idade, enquanto que para *C. lusitanica* variou de 3,8 m até 17,3 m, apresentando uma média de 11,9 m nos seus 13 anos de idade, onde suas médias são demonstradas na figura 4b.

P. taeda apresentou uma área basal (G) de $15,9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, enquanto que *C. lusitanica* apresentou $20,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. A respeito do volume individual com casca (v) (Figura 4c), *P. taeda* variou de $2,7 \text{ m}^3$ até $5,7 \text{ m}^3$, apresentando uma média de $3,7 \text{ m}^3$, já o *C. lusitanica* apresentou valores entre $0,01 \text{ m}^3$ a $0,3 \text{ m}^3$, com média de $0,12 \text{ m}^3$ por árvore. Ao todo, *P. taeda* apresentou um total de $219,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, enquanto *C. lusitanica* apresentou um total de $171,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Figura 4 – Distribuição dos dados dendrométricos para *P. taeda* e *C. lusitanica*.



Fonte: Larissa Regina Topanotti (2019).

4.2 CRESCIMENTO DE *P. taeda* E *C. lusitanica* NO SISTEMA

Após analisados os três modelos volumétricos, para a estimativa do volume individual do estrato superior (*P. taeda*) e do estrato inferior (*C. lusitanica*), o modelo de Schumacher-Hall e de Spurr, foram os modelos escolhidos para as respectivas espécies, como destacado na tabela 5.

Tabela 5 – Comparação dos modelos volumétricos testados para a estimativa do volume individual para o estrato superior (*P. taeda*) e o estrato inferior (*C. lusitanica*).

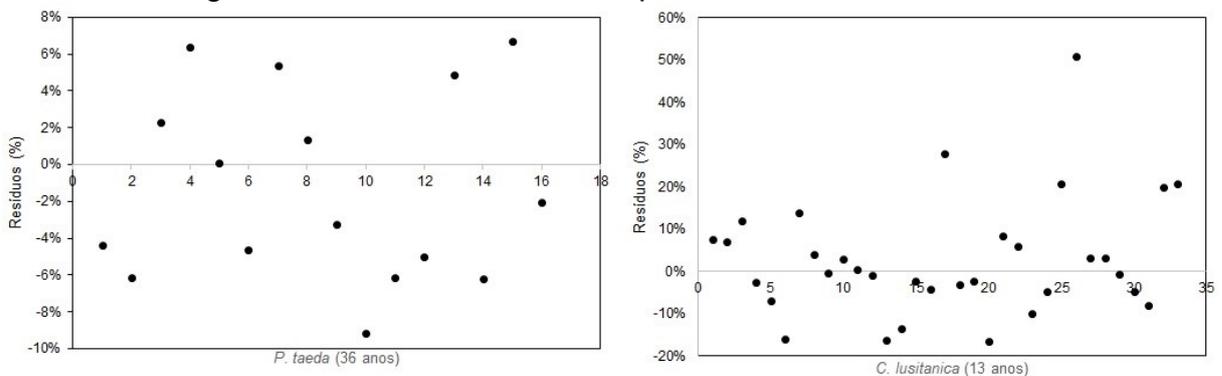
Parâmetros	<i>Pinus taeda</i>		
	Spurr	Schumacher-Hall*	Meyer
β_0	-0,954	-8,960	-3,4376
β_1	0,0000263	1,539	0,320
β_2	---	1,1802	-0,0047
β_3	---	---	-0,0061
β_4	---	---	0,00015
R^2 aj	0,88	0,90	0,90
Syx (m ³)	0,36	0,34	0,34
Syx (%)	9,80	9,13	9,18
AIC	16,87	-26,05	16,90
BIC	19,18	-22,96	21,54

Parâmetros	<i>Cupressus lusitanica</i>		
	Spurr*	Schumacher-Hall	Meyer
β_0	0,008828	-9,3848	0,0009234
β_1	0,0000318	1,8222	0,001213
β_2	---	0,849	0,00002588
β_3	---	---	0,00002325
β_4	---	---	0,0000318
R^2 aj	0,98	0,91	0,98
Syx (m ³)	0,0084	0,0084	0,0088
Syx (%)	9,03	9,41	9,44
AIC	-217,36	-53,64	-211,79
BIC	-212,87	-47,65	-202,81

O modelo volumétrico escolhido para cada espécie segue com * ao lado de seu nome.
Fonte: O autor (2019).

O gráfico de resíduos do modelo de Schumacher-Hall para *P. taeda* e do modelo de Spurr para *C. lusitanica*, é destacado na figura 5.

Figura 5 – Gráficos de resíduos para *P. taeda* e *C. lusitanica*



Fonte: O autor, 2019.

Com a aplicação da equação de Schumacher-Hall e Spurr, para a volumetria do *P. taeda* e *C. lusitanica* respectivamente, a média volumétrica com casca individual foi de 3,7 m³ e 0,12 m³ para as espécies.

Para o possível cálculo de incremento em volume da árvore, é necessário o conhecimento da altura que as árvores apresentavam aos 23 anos de idade, fato esse que não é possível, pois a obtenção dessa variável no momento da colheita dos indivíduos, não foi realizada. Com isso, seguindo as bases de solo na região e na empresa, juntamente com uma aproximação da idade do plantio na época, estipulou-se que a altura média aos 23 anos de idade do *P. taeda* era de 25 m, visto que em um estudo realizado por Dedecek Fier e Speltz, 2008, analisando a influência de sítios em latossolo e cambissolo, em *P. taeda* de 22 anos de idade, apresentou uma média de 25,5 m de altura.

O *dap* aos 36 anos é de 58,0 cm para as árvores de *P. taeda*, com uma altura média de 29,8 m, o que gera árvores com um volume individual médio entorno de 3,7 m³. Levando em consideração que aos 23 anos, as árvores de *P. taeda* apresentavam 25 m de altura, e seu diâmetro era de 41,4 cm (valor esse encontrado após a análise dos anéis de crescimento até os 23 anos), houve o incremento após a realização do corte raso parcial de 1,9 m³ por árvore, o que totaliza um valor médio de 114 m³ ha⁻¹ a mais de madeira, no qual houve um crescimento em *dap* significativo (16,6 cm de madeira) após o corte parcial da área, até o atual momento (13 anos subsequentes).

Devido as ações realizadas na área, anteriormente a implantação do sistema de multiestratos, não é possível realizar o cálculo do IMA em volume, para o estrato superior (*P. taeda*), pois os valores colhidos nos desbastes e o volume de madeira colhido no corte raso parcial da área, aos 23 anos, não são conhecidos, impossibilitando esse cálculo, mas é possível a realização do cálculo do IMA e IPA em diâmetro, onde aos 13 anos de experimento, o IPA foi de 1,3 cm ano⁻¹, enquanto que o IMA em diâmetro foi de 1,6 cm ano⁻¹.

Valores superiores ao encontrado por Ferreira *et al.*, (2019), para um plantio de *P. taeda* aos 33 anos de idade, com uma densidade de 523 árv ha⁻¹, onde o seu IMA em diâmetro atingiu os 1,1 cm ano⁻¹, Schumacher *et al.*, (2013), obteve um IMA em diâmetro superior ao encontrado no trabalho, de 1,8 cm ano⁻¹, para árvores de *P.*

taeda com 27 anos de idade e um *dap* médio de 48,7 cm. Vale destacar que mesmo apresentando uma idade elevada em comparação com as práticas comerciais, o IMA em diâmetro das árvores de *P. taeda* foi capaz de se manter elevado ao longo do tempo.

Para *C. lusitanica*, o cálculo do IMA pode ser realizado, apresentando portanto um IMA aos 13 anos de idade de $13,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, valores similares ao encontrado por Shimizu, Pinto JR e Ribaski (1995), onde aos 10 anos de idade, em Camanducaia, o IMA foi de $10,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para matrizes brasileiras, porém quando comparado com matrizes colombianas, seu IMA pode chegar a $36,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Para o IMA em diâmetro aos 13 anos do *C. lusitanica* foi de $1,0 \text{ cm ano}^{-1}$, valor abaixo do encontrado por Rauschkolb (2017), que aos 13 anos era por volta de $1,7 \text{ cm ano}^{-1}$, para plantios puros no sul de Santa Catarina.

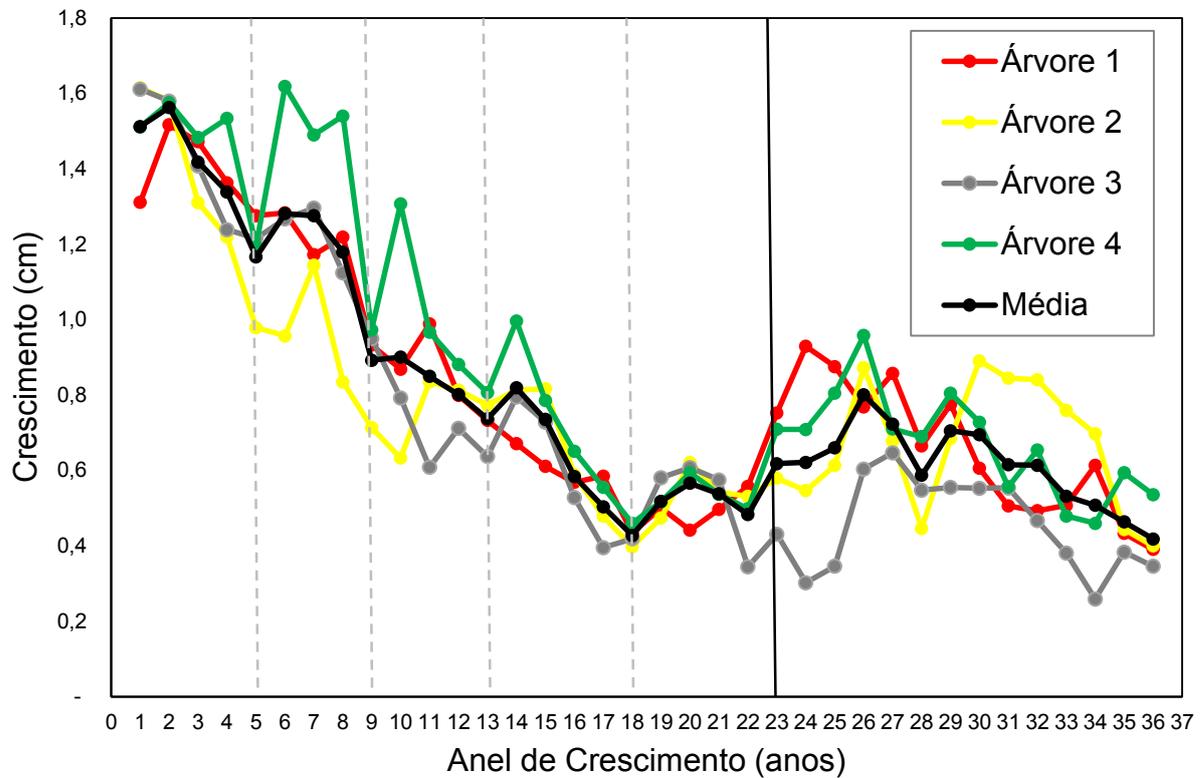
4.2.1 Análise dos anéis de crescimento do *P. taeda*

Com o estudo dos anéis de crescimento dos discos, na altura do *dap*, de 4 árvores de *P. taeda* com 34 anos (árvores caídas por tempestade em 2016, que apresentavam um *dap* médio de 56,4 cm), realizou-se a projeção do crescimento para os 36 anos de idade, e subsequentemente, quantificou-se o *dap* médio apresentado pelas árvores aos seus 23 anos, o qual foi de 41,4 cm.

Os valores de crescimento médio em cm por raio, em relação ao anéis de crescimento (anos), são apresentados na figura 6, onde torna-se possível algumas análises a respeito do sistema multiestratos, e principalmente como as árvores reagiram com a liberação de espaço abrupto após os seus 23 anos de idade.

É visível que após o 25º ano, ocorre um acréscimo no crescimento médio anual em cada raio, em relação ao 23º ano. Isso faz com que após a colheita parcial com 23 anos, nos dois anos subsequentes o crescimento médio se manteve estagnado, pelo fato das árvores estarem produzindo área foliar, para seguir o crescimento em diâmetro, mas a partir do 26º ano, ocorre um acréscimo em seu crescimento médio até o 31º ano, em relação ao ano da colheita parcial, voltando portanto a ser menor que ele nos anos subsequentes ao 31º ano.

Figura 6 – Crescimento médio (cm) em relação aos anéis de crescimento (anos), das árvores de *P. taeda* no sistema de multiestratos.



Onde: as linhas tracejadas representam os desbastes ocorridos na área; a linha contínua preta representa o momento da colheita parcial da área.

Fonte: O autor (2019).

Percebe-se que todos os eventos que sucedem um distúrbio muito grande na área, é registrado pelos anéis de crescimento, com isso é possível de se saber a idade exata dos desbastes realizados na área, juntamente com o corte parcial da área. Quando relacionados a características como a precipitação anual, é possível correlacionar o crescimento com essas características, e saber se o aumento ou a diminuição da chuva afetam o crescimento dos indivíduos.

Vale destacar que as árvores analisadas apresentavam 34 anos, por terem sido derrubadas por uma forte tempestade de verão, ocorrida no ano de 2016, dessa maneira, foi realizado uma projeção de crescimento até o 36º ano para todas as árvores analisadas.

Além da figura 5, que comprova um acréscimo, através das medições dos anéis de crescimento do *P. taeda*, é possível a percepção da diferença de crescimento entre os raios, principalmente após o 23º ano, que é destacado na figura 7.

Figura 7 – Destaque do disco de *P. taeda* na região do *d* do disco, com destaque ao 23º anel de crescimento.

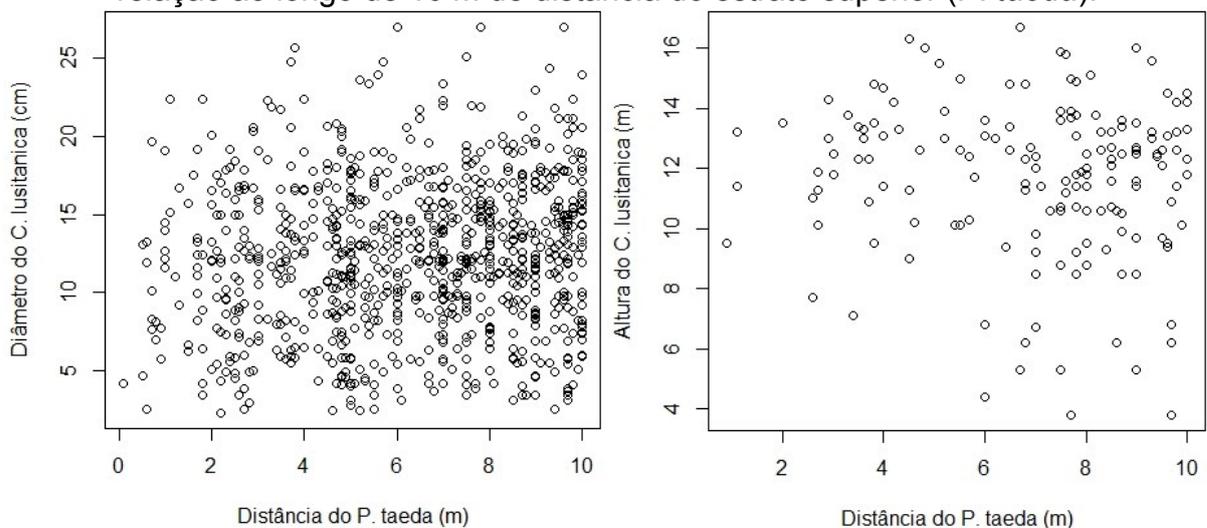


Fonte: O autor (2019).

4.3 INFLUÊNCIA DO ESTRATO SUPERIOR SOBRE O INFERIOR

Quando comparado a influência do estrato superior (*P. taeda*), em relação a proximidade com as árvores do estrato inferior (*C. lusitanica*), em linhas gerais, podemos afirmar que ambas as correlações para *dap* e *h* foram fracas, ou seja, ao se distanciar das árvores do estrato superior (*P. taeda*), o crescimento em altura (correlação de -0,07) e diâmetro (correlação de 0,10) das árvores do estrato inferior (*C. lusitanica*), não foram afetadas significativamente de acordo com os testes estatísticos, como podemos observar na figura 8.

Figura 8 – Distribuição das variáveis de *dap* e *h* do estrato inferior (*C. lusitanica*), em relação ao longo de 10 m de distância do estrato superior (*P. taeda*).



Fonte: O autor (2019).

Milne (2006) destaca que a utilização de um estrato superior ou plantas com caráter protetor, para *C. lusitanica*, favorecem um desenvolvimento mais retilíneo do tronco além de reduzir a quantidade de galhos finos e menores, em contrapartida poderia ocorrer um efeito negativo no crescimento em diâmetros das árvores de *C. lusitanica*. De acordo com Mastrantonio e Francis (1997), o sistema de multiestratos favorecem o desenvolvimento de espécies com tolerância intermediária a sombra, pois ocorre a abertura de clareiras gradativas na área. Alem *et al.* (2015), observou que a altura total média de *C. lusitanica* é menor em plantios mistos, comparado com plantios puros da mesma idade, no entanto, a mesma comparação não foi passível de realização no presente estudo.

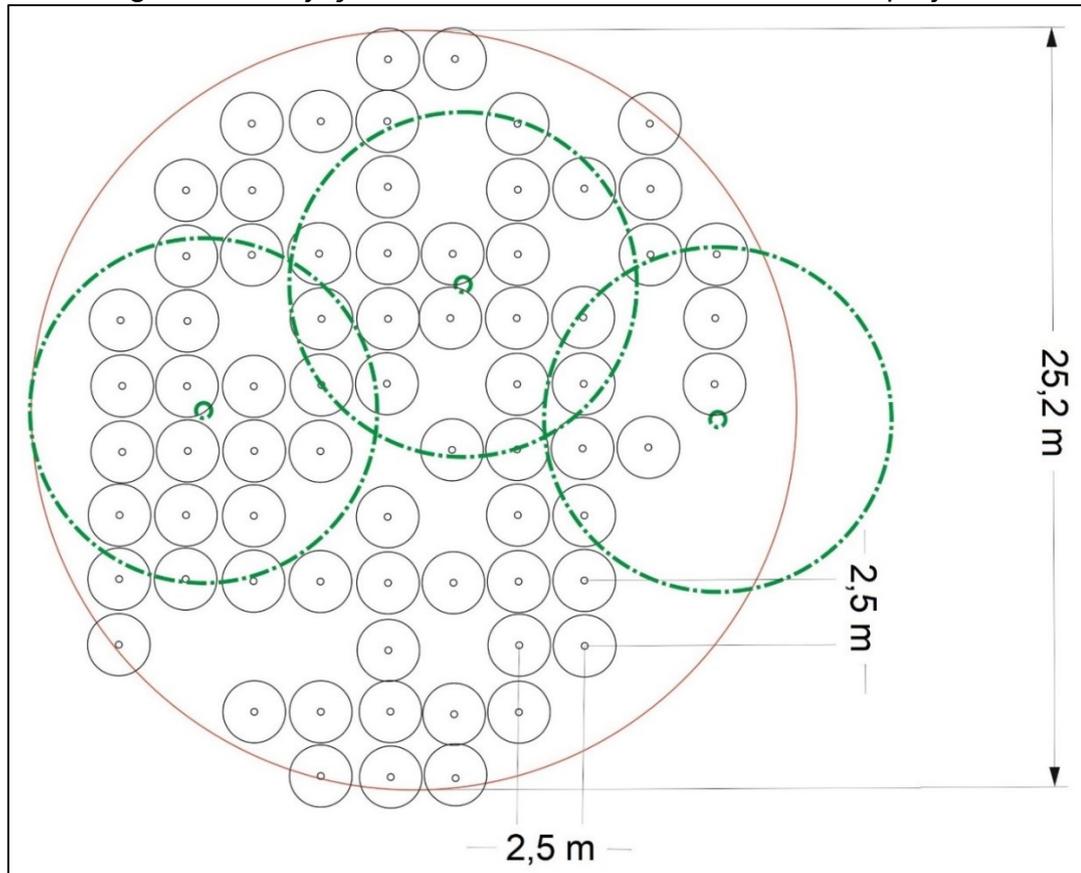
4.4 OCUPAÇÃO DO ESPAÇO PRODUTIVO POR *P. taeda* E *C. lusitanica*

Quando quantificado a ocupação do espaço produtivo, o *P. taeda* se destaca mais do que o *C. lusitanica*, mesmo apresentando uma densidade expressivamente menor entre as espécies, o fato das árvores de *P. taeda* serem mais velhas favorecem o seu maior diâmetro e conseqüentemente são árvores mais altas, ocupando melhor o espaço presente na área.

Afim de quantificar a utilização do espaço produtivo pelos estratos superior e inferior, desenvolveu-se uma projeção horizontal e vertical média, com o objetivo de facilitar o entendimento por meio de imagens (Figura 9 e 10 respectivamente). Utilizou-se uma unidade amostral para realizar as projeções do experimento, visto que foi considerada uma parcela média em relação as características levantadas no sistema de multiestratos.

A área de projeção da copa individual de *P. taeda* variou de 52,6 m² a 213,5 m², apresentando uma média de 128,0 m² de projeção de copa, que quando extrapolada totaliza 7.725 m² ha⁻¹ de área de copa total, enquanto que o *C. lusitanica* apresentou valores entre 2,9 m² a 49,6 m², o que gerou uma média de 18,5 m² de projeção de copa individual, totalizando uma média de 3.387 m² ha⁻¹ de área de copa utilizado por *C. lusitanica* (Figura 4d).

Figura 9 – Projeção horizontal da unidade amostral do projeto.



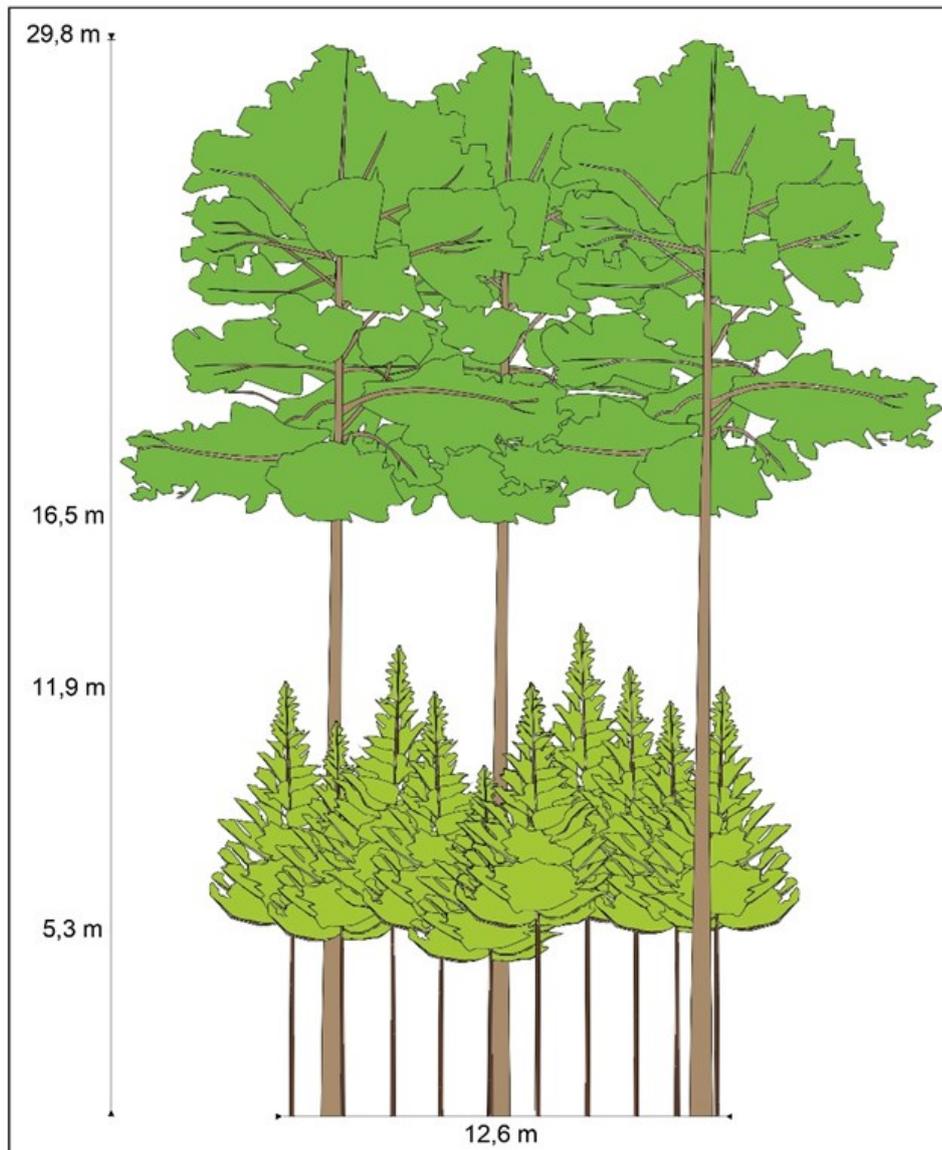
Onde: linha em vermelho representa o limite da unidade amostral (500 m²); a linha contínua em preto representa a projeção de copa de *C. lusitanica* encontrados no estrato inferior; a linha traço-e-ponto em verde representa a projeção de copa de *P. taeda* no estrato superior.

Fonte: O autor (2019).

Ambas as espécies totalizaram um uso da área de 11.112 m² ha⁻¹, observa-se que a proposta do sistema de multiestratos florestais resultou um eficiente uso do espaço produtivo, sendo 228% melhor aproveitado do que somente um plantio tradicional de *C. lusitanica* (sem a presença do estrato superior). Além disso, houve uma ocupação 11% superior à própria área de 1 ha (10.000 m²), em decorrência da sobreposição dos dois estratos.

Dobner Jr, Higa e Seitz (2009), em um experimento implantado em Campo Belo do Sul, visando analisar o efeito da cobertura de *P. taeda* na proteção contra geada e crescimento de *Eucalyptus dunnii*, aos 23 anos de idade e 50 árv ha⁻¹, encontrou uma área de copa total de 2.154 m² ha⁻¹, esse valor foi obtido logo após o colheita parcial da área, afim de determinar as densidades analisadas no experimento, o que devido a competição que ali existia, favorece os baixos diâmetros de copa por árvore, logo a AC_T também é influenciada negativamente.

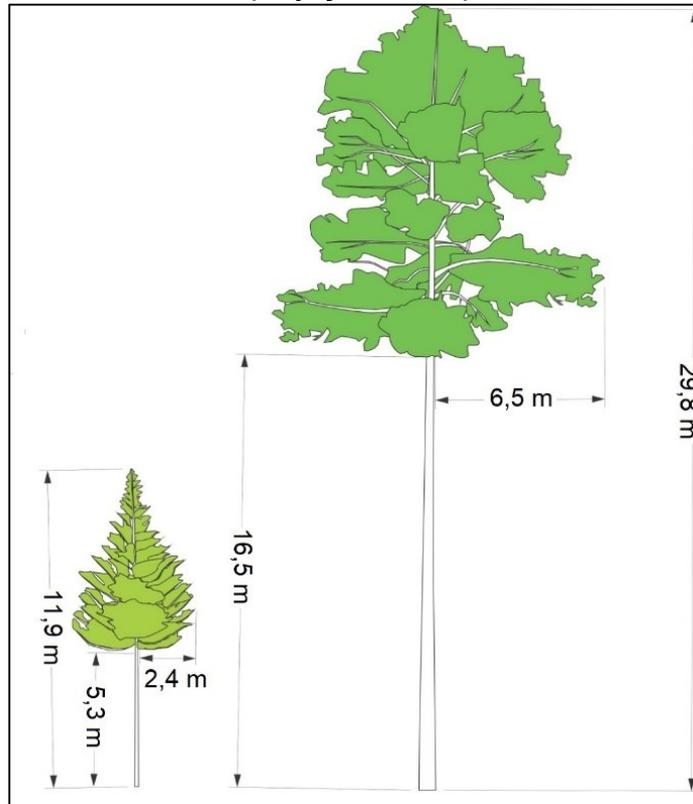
Figura 10 – Projeção vertical do sistema multiestratos.



Fonte: O autor (2019).

As árvores do estrato superior (*P. taeda*), apresentam uma h_{BC} média de 16,5 m, altura essa que não vem a afetar em média, as árvores do estrato inferior, onde apresentam uma h média de 11,9 m, até o atual momento de 13 anos de idade, enquanto que sua h_{BC} média é de 5,3 m. Vale ressaltar que a h_{BC} de ambas as espécies, são influenciadas pelas podas realizadas na área, por meio do manejo empregado na empresa, que prioriza esta etapa. Na figura 11 é destacado a ilustração de uma árvore média do estrato superior e inferior, com algumas características referentes a altura e projeção de copa.

Figura 11 – Ilustração dos estratos superior (*P. taeda*) e inferior (*C. lusitanica*), com valores médios de características, como: altura total; altura da base da copa; e raio de projeção da copa.



Fonte: O autor (2019).

4.5 ANÁLISE PRELIMINAR ECONÔMICA

Com base nos sortimentos encontrados, com o auxílio do polinômio de 5º, para a obtenção dos *d_{pf}* das toras foi possível realizar a valoração média das árvores de *P. taeda* com 23 e 36 anos de idade. Aos 23 anos de idade, as árvores apresentavam um *d_{ap}* médio de 41,4 cm (calculado por meio dos anéis de crescimento), e uma altura por volta dos 25 m de altura (valor estipulado com base na literatura).

Já para as árvores com 36 anos de idade, utilizando os valores médios obtidos no inventário florestal, que foi um *d_{ap}* de 58 cm e uma altura de 29,8 m, onde apresentaram uma quantidade média das toras produzidas por árvore de *P. taeda* aos 23 e 36 anos de idade, com um segmento podado de 6 m de altura, levando em consideração que as duas primeiras toras são vendidas como podadas, são demonstrados na tabela 6.

Tabela 6 – Número médio de toras apresentadas por árvore de *P. taeda*, aos 23 e 36 anos, podas até os 6 m, com o valor médio total da venda de cada árvore.

<i>Pinus taeda</i> com 23 anos de idade			
Sortimento	Preço (R\$)	Nº de toras	Total (R\$)
L 35 – 42	265,00	1	265,00
L 25 – 35	175,00	1	175,00
S 25 – 35	105,00	3	315,00
S 20 – 25	50,00	1	50,00
P 8 - 15	0,00	1	0,00
Total		7	805,00
<i>Pinus taeda</i> com 36 anos de idade			
Sortimento	Preço (R\$)	Nº de toras	Total (R\$)
L > 52	390,00	1	390,00
L 42 – 52	350,00	1	350,00
S > 45	220,00	3	660,00
S 35 – 45	155,00	1	155,00
S 25 – 35	105,00	2	210,00
S 15 – 20	10,00	1	10,00
P 8 – 15	0,00	1	0,00
Total		10	1.775,00

Fonte: O autor (2019).

O preço de venda da árvore de *P. taeda* aos 23 anos de idade, em média, foi de R\$ 805,00 por árvore, já as árvores remanescentes, com 36 anos de idade, apresentaram um preço médio de R\$ 1.775,00 por árvore, que foi equivalente a ~120% maior que o observado aos 23 anos de idade do plantio, quando comparado com os valores atuais. Ao todo, as árvores remanescentes de *P. taeda* valem aproximadamente R\$ 106.500,00 ha⁻¹. O que se fosse realizada sua extração juntamente com as demais árvores, agregariam aproximadamente mais R\$ 48.300,00 ha⁻¹ onde após corrigido, geraria uma renda na época, de R\$ 25.600,00 ha⁻¹ com uma taxa de juros de 5% a. a., isso levando em consideração que os preços dos sortimentos se mantivessem estáveis ao longo dos 13 anos subsequentes. Houve um acréscimo as árvores de *P. taeda* no total de R\$ 58.200,00 ha⁻¹ durante esses 13 anos de experimento, sendo esse valor agregado devido o manejo atualmente adotado na área, que quando corrigidos, equivalem a R\$ 30.800,00 ha⁻¹, onde nesse cenário, apresentou uma TVRB de 6,3%, sendo superior a TMA proposta de 5%.

Considerando ciclos de produção mais longos (> 30 anos), com a produção de árvores de grandes dimensões, poderia ser uma alternativa a poda até os 11 m, sendo o número de toras por árvore aos 23 e 36 anos é demonstrado na tabela 7.

Tabela 7 – Número médio de toras apresentadas por árvore de *P. taeda*, aos 23 e 36 anos, podas até os 11 m, com o valor médio total da venda de cada árvore.

Sortimento	<i>Pinus taeda</i> com 23 anos de idade		
	Preço (R\$)	Nº de toras	Total (R\$)
L 35 – 42	265,00	2	530,00
L 25 – 35	175,00	2	350,00
S 25 – 35	105,00	1	105,00
S 20 – 25	50,00	1	50,00
S 15 – 20	10,00	1	10,00
P 8 - 15	0,00	1	0,00
Total		8	1.045,00
Sortimento	<i>Pinus taeda</i> com 36 anos de idade		
	Preço (R\$)	Nº de toras	Total (R\$)
L > 52	390,00	1	390,00
L 42 – 52	350,00	3	1.050,00
S > 45	220,00	1	220,00
S 35 – 45	155,00	1	155,00
S 25 – 35	105,00	2	210,00
S 15 – 20	10,00	1	10,00
P 8 – 15	0,00	1	0,00
Total		10	2.035,00

Fonte: O autor (2019).

O preço de venda da árvore de *P. taeda* aos 23 anos, com 11 m de segmento podado, em média, foi de R\$ 1.045,00 por árvore, já as árvores remanescentes, com 36 anos, podadas até os 11 m, apresentariam um preço médio de R\$ 2.035,00 por árvore, que foi equivalente a ~95% maior que o observado aos 23 anos de idade do plantio, quando comparado com os valores atuais. Ao todo, as árvores remanescentes de *P. taeda* valeriam aproximadamente R\$ 122.100,00 ha⁻¹.

Se fosse realizada sua extração juntamente com as demais árvores, agregariam aproximadamente mais R\$ 62.700,00 ha⁻¹, que após corrigido, com uma taxa de 5% a. a., seria de R\$ 33.200,00 ha⁻¹. Haveria um acréscimo as árvores de *P. taeda* no total de R\$ 59.400,00 ha⁻¹ durante os 13 anos, que quando corrigidos, equivaliam a R\$ 31.500,00 ha⁻¹, que nesse cenário, apresentaria uma TVRB de 5,3%, sendo próxima, porém superior a TMA utilizada de 5%.

Destaca-se, que para o segundo cenário, de poda até os 11 m de altura, não foi levado em consideração o custo que essa mesma atividade apresentaria, sendo

necessário o levantamento dessas variáveis para a melhor confiabilidade dos dados, o que pode inviabilizar a estratégia de manejo, visto que sua TVRB foi bem próxima a TMA desejada.

Observou-se que houve um ganho em valoração individual das árvores do estrato superior (*P. taeda*), enquanto que as árvores do estrato inferior (*C. lusitanica*), apresentavam um valor muito baixo, ou até mesmo nulo, em relação a sua venda no mercado ($d_{pf} < 8$), enquanto as mesmas chegam em sua meia rotação. Isso se mostra uma boa alternativa aos produtores, onde até atingir a rotação final do estrato inferior, as árvores do estrato superior podem servir de reserva e até mesmo baratear os custos das atividades no estrato inferior, visto que a retirada das mesmas, pode e deve ser intercaladas com os desbastes realizados no estrato inferior, no período de meia rotação, afim de diminuir custos, facilitar sua extração e não ocasionar danos as árvores remanescentes do estrato inferior.

5 CONCLUSÃO

O sistema de multiestratos de produção florestal avaliado, composto por um estrato superior de *P. taeda* (36 anos) e um inferior de *C. lusitanica* (13 anos), resultou um *volume* médio individual de 3,7 m³ e 0,12 m³, respectivamente. O sistema multiestratos apresentou uma área basal total de 36,5 m² ha⁻¹ e uma área total de projeção de copa de 11.112 m² ha⁻¹, indicando aumento da eficiência do uso do espaço produtivo, em relação ao tamanho do próprio hectare de 11%, resultado da sobreposição dos estratos. Não foram observados efeitos negativos da proximidade dos indivíduos de *C. lusitanica* com os de *P. taeda*. A taxa de valorização da receita bruta obtida com as árvores de *P. taeda* foi de 6,3% ao ano durante os 13 anos de manutenção do estrato superior, indicando ser esta uma interessante estratégia de manejo também do ponto de vista econômico. Conclui-se, portanto, que é possível obter árvores de ~30 anos de idade, com grandes dimensões e conseqüentemente sortimentos de tora potencialmente valiosos, em intervalos de 15 anos, sendo este também o tempo aproximado de sobreposição dos estratos. Entretanto, a definição do momento de formação do estrato superior e de intervenção no inferior precisam ser ainda melhor estudados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas perguntas não foram respondidas de maneira objetiva. Apresentam-se, portanto, reflexões e sugestões para trabalhos e análises futuras:

- É possível o corte raso de árvores com 30 anos, em ciclos de 15 anos? Isso se mostra possível e viável, porém a presente área de estudo apresenta-se com 36 anos do estrato superior, e um estrato inferior de 13 anos. Além disso, a realização de estudos em novos cenários, como por exemplo o corte raso aos 28 anos em ciclos de 14 anos, sendo portanto necessário novos experimentos para a avaliação desses cenários;
- É necessária a elaboração de uma análise econômica mais completa do sistema, levando em consideração os custos com a implantação do sistema, avaliando mais de um cenário, e apresentando a maior quantidade de variáveis econômicas, a fim de possibilitar a comparação com outras estratégias de manejo;
- Recomenda-se uma maior quantidade de amostras na análise de tronco, de *P. taeda*, em especial quando realizado as análises por meio dos anéis de crescimento do mesmo;
- O estrato superior possibilita uma diminuição na taxa de mortalidade, da espécie encontrada no estrato inferior? Para que essa pergunta seja respondida, recomenda-se a comparação entre um plantio com e sem cobertura, com o mesmo material genético e mesmas condições edafoclimáticas.
- Até quando a produtividade do estrato inferior não sofrerá influência do estrato superior? Até o presente momento, não se constatou a influência negativa das plantas do estrato superior, sobre as do estrato inferior. Com a repetição das análises ao longo do tempo será possível avaliar este aspecto de forma dinâmica.
- O sistema é frágil e apresenta risco de queda do estrato superior? Devido ao grande espaço deixado entre uma árvore e outra, as fortes tormentas associadas com uma baixa sustentação pelas raízes, causadas principalmente

pelos solos rasos da região, favorecem a queda de árvores nesse tipo de sistema, visto que a força empregada pelo vento sobre um único indivíduo é extremamente superior, quando comparado com plantios convencionais menos suscetíveis a entrada de correntes de vento. Cabe destacar, porém, que a formação de um estrato superior somente é possível e recomendado em florestas que foram preparadas por meio de desbastes ao longo do ciclo de produção. Do contrário, a exposição abrupta de indivíduos com baixa instabilidade será certamente um problema.

REFERÊNCIAS

- ALEM, S.; PAVLIS, J.; URBAN, J.; KUCERA, J. Pure and mixed plantations of *Eucalyptus camaldulensis* and *Cupressus lusitanica*: their growth interactions and effect on diversity and density of undergrowth woody plants in relation to light. **Open Journal of Forestry**, [s.l.], v. 5, n. 4, p. 375-386, 2015.
- Alvares, C. A; Stape, J. L; Sentelhas, P. C; de Moraes, G; Leonardo, J; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ASAYE, Z.; ZEWDIE, S. Fine root dynamics and soil carbon accretion under thinned and unthinned *Cupressus lusitanica* stands in Southern Ethiopia. **Plant and Soil**, [s.l.], v. 366, n. 1-2, p. 261-271, 2013.
- ACR - ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS; **Anuário Estatístico de Base Florestal Para o Estado de Santa Catarina 2016 (Ano Base 2015)**. Lages: STPC- Engenharia de Projetos Ltda, 2016. 105 p.
- BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 27, n. 3, p.371-380, maio-jun., 2003.
- BARBEITO, I.; LEMAY, V.; CALAMA, R.; CANELLAS, I. Regeneration of Mediterranean *Pinus sylvestris* under two alternative shelterwood systems within a multiscale framework. **Canadian journal of forest research**, [s.l.], v. 41, n. 2, p. 341-351, 2011.
- BERGERON, Y.; HARVEY, B. D. Basing silviculture on natural ecosystem dynamics: an approach applied to the southern boreal mixedwood forest of Quebec. **Forest Ecology And Management**, [s.l.], v. 92, n. 1-3, p.235-242, maio, 1997.
- BOUCHER, Y.; ARSENEAULT, D.; SIROIS, L.; BLAIS, L. Logging pattern and landscape changes over the last century at the boreal and deciduous forest transition in Eastern Canada. **Landscape Ecology**, [s.l.], v. 24, n. 2, p.171–184, feb. 2009.
- BUFORD, M. A. Performance of four yield models for predicting stand dynamics of a 30- year-old loblolly pine (*Pinus taeda* L.) spacing study. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 46, n. 1-2, p. 23-38, 1991.
- CHAVES, E.; FONSECA, W. **Ciprés: *Cupressus lusitanica* Mill.** Espécie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba: CATIE, 1991. 66p. (Serie Técnica, 168).
- CHINCHILLA, O.; CHAVES, E.; MORA, F. Comparación de crecimientos bajo diferentes intensidades de manejo en plantaciones de ciprés (*Cupressus lusitanica*

Miller) en dos sitios de Costa Rica. **Revista Baracoa**, Cuba, v. 30, [s.n.], p. 1-19, 2011.

CI FLORESTAS. **Pinus**. [Viçosa – Minas Gerais], 2008. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=pinus>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

DAVIES, O. W. E. N.; HAUFE, J. E. N. S.; POMMERENING, A. R. N. E. Silvicultural principles of continuous cover forestry: a guide to best practice. **Forestry Commission Wales**, England, 2008. p. 111.

DEDECEK, R. A.; FIER, I. S. N.; SPELTZ, R. Influência do sítio no desenvolvimento do *Pinus taeda* aos 22 anos: 1. Características físico-hídricas e químicas do solo. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

DE OLIVEIRA, E. B.; MACHADO, S. D. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. Sistema para simulação do crescimento e da produção de *Pinus taeda* L. e avaliação econômica de regimes de manejo. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1998.

DOBNER Jr, M.; HIGA, A. R.; SEITZ, R. A. Efeito da cobertura de *Pinus taeda* L. na proteção contra geadas e no crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 4, p. 807-823, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba, 1988. 113 p. (EMBRAPA. Documentos, 21)

EMBRAPA FLORESTAS. **Sistema de produção**: Cultivo do Pínus. 2014. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-3&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3715&p_r_p_-996514994_topicold=3228>. Acesso em: 12 mar. 2018.

EMBRAPA SOLOS. **Solos do estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, p. 745, 2004.

FERREIRA, J. C.; STÄHELIN, T. S. F.; DE JESUS, M. S.; DE MUÑIZ, G. I. B.; BRAND, M. A.; FREITAS, T. P. Estimativa da oferta de biomassa florestal em povoamentos de *Pinus taeda* L. após intervenções culturais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1459-1468, 2019.

FOELKEL, E.; FOELKEL, C. PinusLetter: Espécies de Pinus Úteis ao Brasil – *Pinus taeda*. **Grau Celsius**, [s.l.], ed. 03, mar. 2008. Disponível em: <http://www.celsofoelkel.com.br/pinus_03.html>. Acesso em: 09 mar. 2018.

GERLACH, J. P.; GILMORE, D. W.; PUETTMANN, K. J.; ZASADA, J. C. **Mixed-species forest ecosystems in the Great Lakes region**: a bibliography. Minnesota, Saint Paul: University of Minnesota Press, n.155, feb. 2002. 279 p.

GLEISINGER, E. **Prácticas de plantación forestal en América Latina**. Roma: FAO, ed. 1, 1960. 499 p. (Cuadernos de Fomento Forestal, 15).

GRAHAM-SAUVÉ, L.; WORK, T. T.; KNEESHAW, D.; MESSIER, C. Shelterwood and multicohort management have similar initial effects on ground beetle assemblages in boreal forests. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 306, [s.n.], p.266-274, oct. 2013.

GROOT, A. Is uneven-aged silviculture applicable to peatland black spruce (*Picea mariana*) in Ontario, Canadá. **Forestry**, [s.l.], v. 75, n. 4, p.437-442, aug., 2002.

HARVEY, B. D.; LEDUC, A.; GAUTHIER, S.; BERGERON, Y. Stand-landscape integration in natural disturbance-based management of the southern boreal forest. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 155, n. 1-3, p.369-385, jan. 2002.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JR, J. A. **Forest mensuration**. Hoboken: John Wiley & Sons, 4 ed, 2003. 443 p.

IBÁ. Indústria brasileira de árvores. **Elaboração do Relatório IBÁ 2017**, São Paulo: Pöyry Consultoria em Gestão e Negócios. 2017. 80 p.

KAREIVA, P.; WATTS, S.; McDONALD, R. BOUCHER, T. Domesticated nature: shaping landscapes and ecosystems for human welfare. **Science**, [s.l.] v. 316, n. 5833, p. 1866-1869, jun. 2007.

MALIMBWI, R. E.; PERSSON, A.; IDDI, S.; CHAMSHAMA, S. A. O.; MWIHOMEKE, S.T. Effects of spacing on yield and some wood properties of *Cupressus lusitanica* at Rongai, Northern Tanzania. **Forestry**, Oxford, v. 65, n. 1, p. 73-82, 1992.

MASTRANTONIO, J. L.; FRANCIS, J. K. A student guide to tropical forest conservation. Gen. Tech. Rep. SO-123. New Orleans, LA: **US Dept of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station**, v. 123, 1997. 20 p.

MASON, B.; KERR, G.; SIMPSON, J. **What is continuous cover forestry?** Edinburgh: Forestry Commission, jan. 1999. 8 p. (Information note).

MESSIER, C.; TITTLER, R.; KNEESHAW, D. D.; GÉLINAS, N.; PAQUETTE, A.; BERNINGER, K.; RHEAULT, H.; MEEK, P.; BEAULIEU, N. TRIAD zoning in Quebec: Experiences and results after 5 years. **The Forestry Chronicle**, [s.l.], v. 85, n. 6, p.885-896, dec. 2009. Canadian Institute of Forestry.

MILNE, P. Establishment and management options. In: **Best Practices with Farm Forestry Timber Species – Nº 1: Cypresses**. New Zealand Farm Forestry Association, Wellington. 2006. 88 p.

PEREIRA, J. C. D.; HIGA, R. C. V. **Propriedades da madeira de *Cupressus lusitanica* Mill.** Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 5p. (Embrapa Florestas, Comunicado Técnico, 107).

PUKKALA, T.; GADOW, K. (Ed.). **Continuous cover forestry.** [s.l.]: Springer Science & Business Media, ed. 8, v. 23, 2011. 296 p.

RAUSCHKOLB, D. V. **CRESCIMENTO DE *Cupressus lusitanica* Mill. NO SUL DE SANTA CATARINA.** 2017. 27 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Estadual de Santa Catarina, Curitibanos, 2017.

RAYMOND, P.; BÉDARD, S. The irregular shelterwood system as an alternative to clearcutting to achieve compositional and structural objectives in temperate mixedwood stands. **Forest ecology and management**, [s.l.], v. 398, [s.n.], p. 91-100, 2017.

RAYMOND, P.; BÉDARD, S.; ROY, V.; LAROUCHE, C.; TREMBLAY, S. The irregular shelterwood system: review, classification, and potential application to forests affected by partial disturbances. **Journal of Forestry**, [s.l.], v.107, n. 8, p.405-413, dec. 2009.

RAYMOND, P.; LAROUCHE, C.; BÉDARD, S.; TREMBLAY, S. La coupe progressive irrégulière. In: NATURELLES, Ministère Des Ressources. **Le guide sylvicole du Québec.** [s.l.], [s.n.], v. 2, 2013. Cap. 20. p. 456-515.

SANTALA, K.; AUBIN, I.; HOEPTING, M.; BACHAND, M.; PITT, D. Managing conservation values and tree performance: Lessons learned from 10 year experiments in regenerating eastern white pine (*Pinus strobus* L.). **Forest ecology and management**, [s.l.], v. 432, [s.n.] p. 748-760, 2019.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F. N.; LOPES, V. G. Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de *Pinus taeda* L. de 27 anos de idade em Cambará do Sul-RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 321-332, 2013.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis", **Nature methods**, [s.l.], v. 9, [s.n.], p. 671-675, 2012.

SCHÖEPFER, W. **Autimatisierung des Massen, Sorten and Wertberechnung stenender Waaldbestände Schriftenreihe Bad.** [s.l.]: Wurttt-Forstl., 1966. não paginado.

SCHÜTZ, J.; PUKKALA, T.; DONOSO J. P.; VON GADOW, K.. Historical Emergence and Current Application of CCF. In: VON GADOW, K.; PUKKALA, T.; TOMÉ, M. **Continuous Cover Forestry.** 2. ed. London, England: Springer, 2012. p. 1-28.

SCHÜTZ, J. Close-to-nature silviculture: is this concept compatible with species diversity?. **Forestry**, [s.l.], v. 72, n. 4, p.359-366, dec. 1999.

SEYMOUR, R. S.; HUNTER, M. L. **New forestry in eastern spruce-fir forests: principles and applications to Maine**. College of Forest Resources, University of Maine. 1992. 41 p.

SHIMIZU, J. Y.; PINTO JR.; RIBASKI, G. **Cipestre para madeira: Alto incremento volumétrico com material genético apropriado**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 30, p.3-17, jan-dez. 1995.

SILVA, M. L. JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia Florestal**. Viçosa: UFV, 2005. 178 p.

SILVY-LELIGOIS, P. La futaie par bouquets. **Revue Forestière Française**, [s.l.], v. 5, [s.n.], p.213-229, 1953.

STRANDLEY, P. C. The forest of Guatemala. **Tropical Woods**, New Haven, v. 67, [s.n.], p.1-19, 1941.

SUASSUNA, J. **A cultura do Pinus: uma perspectiva e uma preocupação**. 1977. Disponível em: <<https://www.fundaj.gov.br/index.php/artigos-joao-suassuna/9658-a-cultura-do-pinus-uma-perspectiva-e-uma-preocupacao>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

SUFFICE, P.; JOANISSE, G.; IMBEAU, L.; MAZEROLLE, M. J.; LESSARD, G. Short-term effects of irregular shelterwood cutting on yellow birch regeneration and habitat use by snowshoe hare. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 354, [s.n.], p. 160-169, oct. 2015.

VALLE, A. **Crecimiento y rendimiento de *Cupressus lusitanica* Mill. en Antioquía, Colombia, utilizando parcelas permanentes**. 1975. 138 p.

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