

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Raphael Luigi Queiroz

**Análise de crescimento em plantio clonal de *Cryptomeria japonica* D. Don na região  
Serrana de Santa Catarina**

Curitibanos, SC

2022

Raphael Luigi Queiroz

**Análise de crescimento em plantio clonal de *Cryptomeria japonica* D. Don na região  
Serrana de Santa Catarina**

Trabalho 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

Curitibanos, SC

2022

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

Queiroz, Raphael Luigi

Análise de crescimento em plantio clonal de *Cryptomeria japonica* D. Don na região Serrana de Santa Catarina / Raphael Luigi Queiroz ; orientador, Mário Dobner Júnior, 2022.

47 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal, Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Variáveis dendrométricas. 3. Clones. 4. Espécies alternativas. I. Dobner Júnior, Mário. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

Raphael Luigi Queiroz

**Análise de crescimento em plantio clonal de *Cryptomeria japonica* D. Don na região  
Serrana de Santa Catarina**

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, 23 de fevereiro de 2022



Documento assinado digitalmente  
MARCELO BONAZZA  
Data: 17/03/2022 10:31:36-0300  
CPF: 047.641.899-25  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

**Prof. Dr. Marcelo Bonazza**  
Coordenador (a) do Curso

**Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
Mario Dobner Junior  
Data: 17/03/2022 10:26:57-0300  
CPF: 034.250.659-55  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

**Prof. Dr. Mário Dobner Júnior**  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Kelen Haygert Lencina  
Data: 17/03/2022 16:09:29-0300  
CPF: 011.476.600-26  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Kelen Hayergert Lencina**  
Avaliadora  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
MARCELO BONAZZA  
Data: 17/03/2022 10:32:29-0300  
CPF: 047.641.899-25  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

**Prof. Dr. Marcelo Bonazza**  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado ao meu avô Francisco das Chagas Queiroz (*in memoriam*), por todas as nossas conversas e preciosos ensinamentos passados, que levarei por toda vida.

Agradeço por tudo!

Saudades!

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus avós, Temicio Souza Silva e Josmilia Pereira Silva, por me criarem e serem o maior exemplo de amor, força, superação e honestidade que terei na vida.

A minha avó, Darci Rosa Queiroz por todo apoio durante esse período. A minha mãe, Rosangela Pereira Silva, por apoiar minha escolha e me ajudar durante a transição de estado.

A minha namorada, Camila Alves Corrêa, por todo amor, companheirismo, perseverança, e por sempre me incentivar a ser melhor, me apoiando em todos os momentos.

Ao meu amigo João Evangelista do Nascimento, por todas as nossas inúmeras conversas sobre a importância deste momento, e por todo apoio e suporte no decorrer de todos esses anos.

Aos meus amigos Ricardo Halupp Fernandes e Maikon Aurélio Neves por todos os momentos em que estiveram presentes e por terem sempre me ajudado a superar os obstáculos encontrados.

A todos os colegas e familiares, por todo incentivo.

Aos meus professores, por todo o conhecimento compartilhado ao longo dos anos.

A Universidade Federal de Santa Catarina, pelo ensino gratuito e de altíssima qualidade, e pelo apoio financeiro concedido por meio das bolsas de permanência durante o período da graduação.

Por fim, agradeço ao meu Orientador Mário Dobner Júnior, que sempre se mostrou disposto a me ajudar e esclarecer minhas dúvidas.

Só tenho a agradecer a todos, muito obrigado!

## RESUMO

O setor de base florestal brasileiro é formado predominantemente por florestas plantadas com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, porém a grande concentração da produção florestal em apenas dois gêneros pode representar uma fragilidade ao setor. Nesse sentido, *Cryptomeria japonica* D. Don é uma conífera que se destaca pela sua adaptabilidade, rápido crescimento e boa resposta a sítios de regiões altas e frias, podendo ser uma alternativa para diversificação de matéria-prima para a indústria madeireira. Para isso, são necessários estudos e avaliações das características de crescimento dessas espécies alternativas visando estimular o seu uso pela silvicultura e manejo florestal. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar as características de crescimento de um plantio clonal da espécie *C. japonica* localizado na região Serrana de Santa Catarina. O plantio avaliado foi instalado no município de Curitibanos (SC), formado por 17 clones da espécie *C. japonica* oriundos de matrizes selecionadas em quatro diferentes locais dos municípios de Campo Belo do Sul (SC) e Rio Negro (PR) e dispostos em 8 blocos, totalizando 136 indivíduos. Foram mensuradas anualmente as variáveis diâmetro do colo e altura total das plantas até o terceiro ano desde o início do experimento e, a partir desses dados, obteve-se a área transversal e o volume. Como houve replantio nos anos seguintes, as comparações foram realizadas com dados do 2º ano de crescimento, permitindo ampliar o número de matrizes avaliadas. A análise de variância mostrou haver diferença estatística entre as variáveis diâmetro do colo, altura total, área transversal e volume do cone para os clones avaliados aos 2 anos de idade. Foi possível observar um comportamento crescente das variáveis de crescimento analisadas. As geadas severas contribuíram para alta taxa de mortalidade observada (~83%), indicando que a *C. japonica* não é resistente a geadas, e diferentes estratégias de cultivo que não a céu aberto devem ser consideradas.

**Palavras-chave:** Variáveis dendrométricas. Clones. Espécies alternativas.

## ABSTRACT

The Brazilian forest-based sector is formed predominantly by forests planted with species of the genera *Eucalyptus* and *Pinus*, but the great concentration of forest production in only two genera may represent a fragility to the sector. In this sense, *Cryptomeria japonica* D. Don is a conifer that stands out for its adaptability, rapid growth and good response to sites of high and cold regions, and can be an alternative for diversification of raw material for the timber industry. For this, studies and evaluations of the growth characteristics of these alternative species are necessary in order to stimulate their use by forestry and forest management. Thus, the present study aimed to evaluate the growth characteristics of a clonal plantation of the species *C. japonica* located in the Serrana region of Santa Catarina. The evaluated planting was installed in the municipality of Curitiba (SC), formed by 17 clones of the species *C. japonica* from selected matrices in four different locations of the municipalities of Campo Belo do Sul (SC) and Rio Negro (PR) and arranged in 8 blocks, totaling 136 individuals. The variables neck diameter and total height of the plants were measured annually until the third year from the beginning of the experiment and, from these data, the cross-sectional area and volume were obtained. As there was replanting in the following years, the comparisons were made with data from the 2nd year of growth, allowing to increase the number of matrices evaluated. The analysis of variance showed statistical difference between the variables neck diameter, total height, transverse area and cone volume for the clones evaluated at 2 years of age. It was possible to observe an increasing behavior of the growth variables analyzed. Severe frosts contributed to a high observed mortality rate (~83%), indicating that *C. japonica* is not resistant to frost, and different cultivation strategies other than in the open should be considered.

**Keywords:** Dendrometric variables. Clones. Alternative species.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– Aspecto das folhas e flores da espécie <i>C. japonica</i> . .....	17
Figura 2 – Mapa de localização do município de Curitiba e da Área Experimental Florestal. .....	26
Figura 3 – Medição da altura total com fita métrica (A) e do diâmetro do colo com paquímetro digital (B).....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 4 – Distribuição dos dados dendrométricos para espécie de <i>C. japonica</i> nos anos 1, 2 e 3. .....	31
Figura 5 – Comportamento de crescimento da <i>C. japonica</i> para as variáveis dendrométricas ( <i>d</i> , <i>h</i> e <i>v</i> ) no ano 1.....	33
Figura 6 – Comportamento de crescimento da <i>C. japonica</i> para as variáveis dendrométricas ( <i>d</i> , <i>h</i> e <i>v</i> ) no ano 2.....	33
Figura 7 – Comportamento de crescimento da <i>C. japonica</i> para as variáveis dendrométricas ( <i>d</i> , <i>h</i> e <i>v</i> ) no ano 3.....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Estatística descritiva para as variáveis dendrométricas analisadas no plantio clonal de <i>C. japonica</i> nas diferentes idades, estabelecido no município de Curitiba, SC. ....	30
Tabela 2 – Teste de Scott & Knott para a variável altura total. ....	35
Tabela 3 – Teste de Scott & Knott para a variável volume do cone. ....	35

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	16
1.1.1	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE .....	17
2.2	CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO .....	20
2.3	TESTES CLONAIIS.....	20
2.3.1	<b>Estaquia .....</b>	<b>21</b>
2.3.2	<b>Micropropagação.....</b>	<b>22</b>
2.3.3	<b>Microestaquia.....</b>	<b>22</b>
2.3.4	<b>Miniestaquia.....</b>	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
3.1	LOCAL DO EXPERIMENTO .....	25
3.2	COLETA DE DADOS .....	28
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>
	<b>ANEXO I – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS AVALIADAS AOS 2 ANOS DE IDADE.....</b>	<b>46</b>
	<b>ANEXO II – CROQUI DO EXPERIMENTO ELABORADO EM 15/12/2019 .....</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXO III – CROQUI DO EXPERIMENTO ELABORADO EM 14/10/2020 .....</b>	<b>48</b>
	<b>ANEXO IV – CROQUI DO EXPERIMENTO ELABORADO EM 27/11/2021 .....</b>	<b>49</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro, nos últimos anos, vem desenvolvendo um importante papel socioeconômico no país, uma vez que, possui significativa participação no PIB e seu manejo adequado contribui para manutenção da biodiversidade. A indústria de base florestal planta um milhão de árvores todos os dias, das quais destina 9,55 milhões de hectares (ha) da área plantada para fins industriais e outros seis milhões de ha para conservação (IBÁ, 2021). Com relação às florestas plantadas, o Brasil possui cerca de 75% da área ocupada por espécies do gênero *Eucalyptus* e 20% com espécies do gênero *Pinus* (IBGE, 2017) o que faz com que a grande concentração da produção florestal em apenas dois gêneros se torne uma fragilidade do setor de base florestal brasileiro. Para Dobner Jr. *et al.* (2018), a pouca diversificação da produção florestal apresenta fragilidades, como o risco com pragas e doenças e a impossibilidade de diversificação de produção com a obtenção de produtos de usos nobres, possivelmente, de maior valor agregado.

Dentre as espécies potenciais, cita-se a *Cryptomeria japonica* D. Don, conífera pertencente à família Taxodiaceae, originária da região temperada do Japão que se destaca pela sua adaptabilidade, rápido crescimento e boa resposta a sítios de regiões altas e frias. Foi introduzida no Brasil pela Companhia Melhoramentos nos municípios de Caieira, no Estado de São Paulo (750 a 1000 metros de altitude), e Camanducaia (1.500 metros de altitude), na Serra da Mantiqueira, no Sul do Estado de Minas Gerais (CARPANEZZI *et al.*, 1988).

Segundo Shimizu e Maiochi (2007) para crescer satisfatoriamente, *C. japonica* requer solos profundos, úmidos e bem drenados, de preferência em encostas protegidas. Já com relação à madeira, *C. japonica* possui uma grande diversidade de utilização de sua matéria-prima, como para fábricas de papel e celulose, chapas, construções de casas, móveis, barcos e navios (SANTOS *et al.*, 2000). No entanto, de acordo com Carneiro, Bittencourt e Muniz (2009), no Brasil, a árvore é utilizada somente para fins ornamentais, paisagísticos e como cerca viva, e, em sua fase juvenil, é comercializada como árvore de natal.

Estudos realizados no Sul do Brasil já demonstraram o grande potencial produtivo da *C. japonica*, que apresentou incremento médio anual de  $43 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  aos 25 anos, podendo ser comparável ao *P. taeda* (DOBNER JR. *et al.*, 2013). Porém, embora já existam alguns estudos demonstrando o potencial de crescimento e de utilização da *C. japonica*, a espécie não vem sendo utilizada comercialmente no Brasil. Para

O estudo e avaliação das características de crescimento de plantios clonais da espécie de *C. japonica* no Sul do Brasil faz-se necessário afim de acrescentar informações sobre o comportamento e potencial de utilização da espécie em reflorestamentos na região, no intuito de oferecer alternativas, possivelmente mais adequadas à usos específicos, ampliando o número de espécies produtoras de matéria prima para a indústria madeireira.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características de crescimento de um plantio clonal da espécie *Cryptomeria japonica* D. Don localizado na região serrana de Santa Catarina.

### 1.1.1 Objetivos Específicos

Realizar a mensuração do diâmetro do colo e da altura total e estimação da área transversal e volume de todos os indivíduos do plantio;

Ranquear os clones em relação ao volume e altura.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

*Cryptomeria japonica* D. Don é uma conífera pertencente à família Taxodiaceae, originária da região temperada do Japão onde é comumente chamada de “sugi”, sendo também conhecida como criptomeria, cedro japonês ou cedrinho japonês (PINTO, 2011). Segundo Shibutani, Takata e Doi (2007), essa espécie é considerada a principal conífera japonesa existente.

A *C. japonica* ocorre entre 600 e 1.800 m de altitude em seu local de origem, em clima caracterizado por invernos frios, com ocorrência de neve, e verões moderadamente quentes, com crescimento ótimo em locais com temperatura média anual entre 12 e 14 °C e com pluviosidade média anual de 3.000 mm, sendo a espécie mais utilizada em plantações florestais no Japão (CARPANEZZI *et al.*, 1988, p. 49).

Na área de ocorrência natural, esta espécie atinge de 20 m a 30 m de altura, podendo chegar até 50 m em sítios excepcionais, sua copa apresenta forma cônica, quando jovem, tendendo a um formato irregular na fase adulta, enquanto seu tronco é reto, provido de casca acastanhada e fibrosa, folhas aciculares, curtas e grossas, de até 12 mm de comprimento (Figura 1) (SHIMIZU; MAIOCHI, 2007, p. 64).

Figura 1– Aspecto das folhas e flores da espécie *C. japonica*.



Fonte: Vasconcelos *et al.* (2018).

*C. japonica* requer solos profundos e férteis, com bom suprimento de água durante todo o ano, sendo suas exigências edáficas tão elevadas quanto às da *Araucaria angustifolia* (CARPANEZZI *et al.*, 1988; SHIMIZU; MAIOCHI, 2007). A propagação de *C. japonica* pode ser feita facilmente por meio das sementes. Essa é a forma mais usada no Brasil e em várias partes do mundo, enquanto no Japão, a propagação vegetativa mediante enraizamento de estacas é mais comum (ALVES *et al.*, 1984).

A madeira de *C. japonica* possui cerne marrom avermelhado, alburno claramente demarcado de coloração amarelo claro e, apresenta textura fina, grã reta, com presença de nós (GÉRARD *et al.*, 2008 *apud* PINTO, 2011). Segundo Carpanezzi *et al.* (1988) descrevem que a madeira de *C. japonica* apresenta alta qualidade e massa específica de  $0,40 \text{ g cm}^{-3}$ , podendo ser utilizada para fins diversos, como fábricas de papel e celulose, chapas, construções de casas, móveis, barcos e navios. Por outro lado, Iwakiri *et al.* (2015) classificou a madeira de *C. japonica* como de baixa massa específica, cuja média foi de  $0,433 \text{ g cm}^{-3}$ . Já Trianoski, Iwakiri e Chies (2016) obtiveram valor de massa específica básica igual a  $0,356 \text{ g cm}^{-3}$  e classificaram a madeira de *C. japonica* como adequada para produção de painéis de partículas orientadas – OSB.

No Brasil, o uso madeireiro é incipiente, ficando restrito a fins paisagísticos, ornamentais, como cerca viva, e, em sua fase juvenil como árvore de natal. De acordo com os resultados obtidos por Pinto (2011) a madeira desta espécie também pode ser utilizada na confecção de painéis compensados, com rendimento médio no processo de laminação próximo ao encontrado na literatura para outras espécies (~50%). Bonfatti Jr. *et al.* (2019) analisaram o potencial da madeira de *C. japonica* para a polpação Kraft e fabricação de papel e concluíram que a espécie é muito adequada a este fim para o segmento de “fibra longa”, apresentando melhor resposta da polpa ao processo de refino e, papéis de melhores propriedades físico-mecânicas que os papéis feitos de polpa de *P. taeda*.

O teor de extrativos para a madeira de coníferas se encontra na faixa de 2 a 10 % (NISGOSKI, 1999; TRIANOSKI, 2010; TRIANOSKI, 2012). Já Fonte *et al.* (2017) encontrou valor dentro do descrito para *C. japonica*, sendo o valor médio de extrativos totais para as porções de cerne e alburno de aproximadamente 4 %. De maneira similar, Iwakiri *et al.* (2015) obteve valor próximo ao encontrado na literatura, sendo o valor médio de extrativos totais de 4 % para a espécie.

Vivian *et al.* (2020) avaliaram a durabilidade natural das madeiras de *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* e *Pinus taeda* submetidas ao ensaio de campo de apodrecimento, e puderam observar que as madeiras de *C. lusitanica* e *C. japonica* apresentaram maior durabilidade natural quando utilizadas em contato com o solo, podendo ser utilizadas ao ar livre com maior segurança quando comparadas à madeira de *P. taeda*.

Dobner Jr. *et al.* (2013) avaliaram o crescimento de um povoamento de *C. japonica* aos 25 anos, no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina, em que obtiveram produtividade de  $43 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , confirmando o grande potencial produtivo da espécie, que superou, em alguns casos, a produtividade de povoamentos de *P. taeda*. De acordo com

Carpanezzi *et al.* (1988), no Brasil *C. japonica* pode atingir um incremento médio anual de até de 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em sítios adequados. Os autores ressaltam que o cultivo desta espécie pode vir a ser uma alternativa economicamente viável aos produtores de toras da região, uma vez que a madeira de *C. japonica* possui qualidades complementares às da madeira de espécies do gênero *Pinus*, com capacidade de atender nichos específicos de mercado e, possivelmente, mais valorizados economicamente. Segundo Ramos *et al.* (2006) além das espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, outras espécies exóticas constituem alternativas para produção de madeira destinada a indústria, *C. japonica* é uma das espécies com potencial em servir como alternativa às madeiras das espécies consolidadas no mercado. De acordo com Carpanezzi *et al.* (1988), no Brasil *C. japonica* pode atingir um incremento médio anual de até 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em sítios adequados.

Alves *et al.* (1984) com objetivo de verificar o comportamento de *C. japonica* e determinar as melhores procedências para as regiões ecológicas no Sul do Brasil, instalou experimentos em Colombo, Rio Negro e Cantagalo, Paraná onde foram testadas cinco procedências de *C. japonica* do Japão, juntamente com uma testemunha coletada de plantios comerciais em Camanducaia, MG. O autor confirmou o potencial dessas procedências para serem cultivadas nesses locais, tendo verificado que na região de Cantagalo, foi obtido o melhor desempenho.

Dobner Jr., Vagaes e Higa (2013) avaliaram o desempenho de procedências japonesas de *C. japonica* implantadas no município de Rio Negro, Paraná, em que se confirmou o potencial produtivo. As procedências Miyagi e Nara se destacaram apresentando boa sobrevivência e crescimento volumétrico superior a 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os autores propõem uma estratégia de melhoramento que envolve a técnica de desbaste genético, prevendo a formação de uma área de produção de sementes com um ganho de crescimento diamétrico de 9%, e um pomar clonal de sementes com ganho de 14%.

Shimizu e Maiochi (2007) compararam as produtividades de plantios feitos com sementes de *C. japonica* de várias origens com um material genético existente no país. Os autores concluíram que no Paraná, as origens mais indicadas para produção de madeira são as de locais com temperatura média anual maior que 12 °C, de baixa altitude (até em torno de 500 m), onde a precipitação pluviométrica média anual não passe de 1.700 m.

De acordo com Santos *et al.* (2000) a espécie de *C. japonica* possui grande potencial para plantio em regiões altas e frias do Brasil, onde se destaca pelo seu rápido crescimento, boa adaptação ao clima e solo da região sul do país.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

O crescimento de árvores pode ser definido como uma mudança de magnitude de qualquer característica mensurável, como diâmetro, altura, volume, entre outros. O crescimento de uma árvore poderá apresentar diferentes variações nas suas dimensões em altura, diâmetro, volume, área basal e peso, em função de diversos fatores que nem sempre podem ser controlados ou monitorados, como os fatores genéticos das espécies, os fatores ambientais e suas interações. Com relação aos fatores ambientais, citam-se os fatores climáticos (temperatura, precipitação, vento, insolação etc.), pedológicos (características físicas, químicas e biológicas dos solos), topográficos (inclinação, altitude e exposição), biológicos (pragas e doenças) e pela própria competição com outras árvores e outros tipos de vegetação (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

As variáveis mensuradas para avaliar o crescimento de árvores em idades iniciais são, geralmente, a altura total, obtida desde a base até o ápice e, o diâmetro do colo, obtido rente ao solo. Entre os parâmetros morfológicos analisados em mudas o diâmetro do colo é o melhor indicador do desempenho após o plantio, correlacionando-se diretamente com o crescimento (LANDIS; DUMROESE; HAASE, 2010).

O crescimento é avaliado medindo as variáveis dendrométricas no início e no fim de um intervalo de tempo pré-definido. O crescimento em volume é resultado dos crescimentos em diâmetro e altura, por este motivo, o cálculo dos volumes iniciais e finais efetua-se com base nas medições iniciais e finais das variáveis citadas (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005). A área transversal refere-se à área da seção transversal (perpendicular ao eixo da árvore) no ponto de medição do diâmetro (ENCINAS; SILVA; TICCHETTI, 2002).

O estudo do crescimento possibilita conhecer o potencial de produção florestal de um determinado sítio e, com isso, orientar a tomada de decisões sob vários aspectos para o atendimento da demanda do mercado (HOSOKAWA *et al.*, 1998 *apud* COUTINHO *et al.*, 2017).

## 2.3 TESTES CLONAIIS

A propagação vegetativa ou clonagem consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas (células, tecidos, órgãos ou propágulos), de modo a gerar indivíduos geneticamente

idênticos à planta mãe (FERRARI *et al.*, 2004). Dentre as vantagens da propagação vegetativa, listam-se a manutenção das características genéticas das plantas matrizes, uniformidade, porte reduzido e precocidade de produção (HARTMANN *et al.*, 2002 *apud* CHAGAS *et al.*, 2012). Devido a não interferência do processo de recombinação gênica, fator de aumento da variabilidade genética, os plantios de mudas produzidas via propagação vegetativa apresentam, via de regra, grande uniformidade quando as condições de solo e clima se apresentam homogêneas e semelhantes às da origem do material genético selecionado (FERRARI *et al.*, 2004).

Por outro lado, a redução da variabilidade genética por esse método pode limitar os programas de melhoramento a longo prazo, além de possuir as desvantagens da possibilidade de transmissão de doenças bacterianas, viróticas ou vasculares entre o material vegetal utilizado (CHAGAS *et al.*, 2012). Segundo Ferrari *et al.* (2004) a importância dessas técnicas na produção de mudas de espécies florestais no Brasil pode ser confirmada quando se verifica que, hoje a maioria das florestas plantadas de eucaliptos é oriunda de mudas produzidas pela propagação vegetativa. Atualmente os principais métodos usados e, ou, com potencial de utilização futura, em nível comercial, são: estaquia, micropropagação, microestaquia e miniestaquia.

### **2.3.1 Estaquia**

De acordo com Kikuti (1988) a implantação de florestas constituídas de clones, para muitas espécies florestais foram possíveis pelo desenvolvimento da técnica de propagação por estacas. O mesmo autor cita que a propagação por estacas geralmente é utilizada como instrumento para o melhoramento genético, possibilitando a conservação genética (banco clonal), instalação de pomar de sementes clonal, estimativa de parâmetros genéticos e difusão de progresso genético por meio da multiplicação massal de famílias ou indivíduos superiores.

Xavier e Silva (2010) descrevem que a propagação por estacas é uma das principais formas utilizadas, e consiste em decepar a árvore selecionada, buscando propiciar a emissão de brotações na base da planta, as quais são posteriormente coletadas e estaqueadas, visando a obtenção de brotações em porções com maior grau de juvenildade daquela planta. O enraizamento de estacas envolve a regeneração de meristemas radiculares diretamente a partir dos tecidos associados com o tecido vascular, ou a partir do tecido caloso formado na base da

estaca, sendo a indução da regeneração radicular função da espécie, do genótipo e do nível de maturação da planta doadora (WENDLING, 2003).

Segundo Ferrari *et al.* (2004) um dos maiores problemas relacionados à estaquia, consiste na obtenção de brotos viáveis, com boa capacidade de enraizamento e desenvolvimento da nova planta no campo. Essas duas variáveis estão diretamente relacionadas dentre outros fatores, à origem da planta mãe e ao grau de juvenilidade em que as brotações que serão utilizadas para o enraizamento se encontram. Quanto mais adulto o material, geralmente menor a capacidade de enraizar e, pior o desenvolvimento vegetativo em campo. A propagação vegetativa em certas espécies possui algumas dificuldades referentes ao material adulto e a variação entre genótipos, havendo assim a necessidade de se desenvolver outras técnicas de propagação como a micropropagação.

### **2.3.2 Micropropagação**

A micropropagação vegetal consiste, basicamente, no cultivo *in vitro*, sob condições assépticas e controladas, de propágulos vegetativos denominados de explantes, os quais na presença de reguladores de crescimento e meio nutritivo adequado são induzidos a produzir novas gemas que serão então multiplicadas nestas mesmas condições (FERRARI *et al.*, 2004). Segundo Carvalho (1999) a micropropagação ou propagação *in vitro* é utilizada principalmente naquelas plantas de difícil propagação pelos métodos convencionais, permitindo a obtenção de grande número de plantas saudáveis e geneticamente uniformes, em curto período de tempo.

No caso de espécies florestais, a produção comercial de mudas micropropagadas por si não justificaria o investimento, em função do elevado valor unitário destas mudas e da disponibilidade atual de técnicas mais econômicas. Contudo, como no setor florestal as atividades são verticalizadas, a manutenção de uma estrutura destinada à micropropagação tem sido utilizada como ferramenta estratégica importante para a propagação massal de genótipos de alto valor que apresentam dificuldades de propagação por outros métodos vegetativos ou sexuados (FERRARI *et al.*, 2004).

### **2.3.3 Microestaquia**

A microestaquia é uma técnica de propagação vegetativa na qual se utilizam propágulos (microestacas) rejuvenescidos em laboratório de micropropagação para serem enraizados,

visando a obtenção de mudas as quais são colocadas para enraizar em ambiente de casa de vegetação, com controle de umidade e temperatura (WELDLING, 2003). Segundo Oliveira (2003) entre as vantagens apresentadas pela técnica de microestaquia em relação à técnica de estaquia convencional, podem ser destacados os maiores índices de enraizamento; redução de tempo de formação da muda no viveiro; redução nos investimentos em casa de vegetação devido ao menor tempo de permanência para enraizamento e a dispensa da aplicação de reguladores de crescimento para enraizamento.

As principais desvantagens da microestaquia decorrem da maior sensibilidade das microestacas às condições ambientais durante o enraizamento. Por serem mais tenras as microestacas estão sujeitas a sofrer danos, principalmente aqueles provocados por oscilações drásticas na umidade relativa e na temperatura. Isto exige maior controle nas condições ambientais do que na estaquia tradicional, uma vez que normalmente as estacas suportam melhor essas adversidades. Além disso, o processo de microestaquia, na sua primeira etapa, depende da existência de laboratórios de cultura de tecidos, para alcançar um grau de rejuvenescimento rápido e desejável às plantas, esta etapa encarece a produção de mudas (ASSIS, 1997).

Segundo Xavier e Silva (2010) a microestaquia diferencia-se da miniestaquia basicamente pela origem do material, nesta técnica a origem das microcepas são mudas micropropagadas e na miniestaquia a origem das minicepas são de mudas propagadas pela estaquia/miniestaquia. Quanto aos aspectos fisiológicos, espera-se que as microcepas tenham maior grau de juvenilidade e vigor em relação às minicepas, visto estas terem sido rejuvenescidas pela micropropagação, de forma que no processo de propagação vegetativa as microestacas, comparativamente às miniestacas, apresentem melhor resposta em termos de vigor e percentual de enraizamento.

### **2.3.4 Miniestaquia**

Partindo do princípio de que a instalação e a manutenção de um laboratório de micropropagação, visando o rejuvenescimento de clones para atender ao processo de microestaquia, são relativamente onerosas, começou a ser desenvolvida, recentemente, a técnica de miniestaquia (WENDLING, 2003). A miniestaquia é similar a técnica de estaquia convencional, mas apresenta variações metodológicas que permitiram a otimização do enraizamento e qualidade da muda clonal. A técnica é efetuada utilizando-se brotações de

plantas propagadas pelo método de estaquia e/ ou, da própria miniestaquia, como fontes de propágulos vegetativos (XAVIER; SILVA, 2010).

Segundo Ferrari *et al.* (2004) em síntese, a técnica da miniestaquia consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo método de estaquia convencional como fontes de propágulos vegetativos. Assim, a parte basal da brotação da estaca constitui-se em uma minicepa, que fornecerá as brotações (miniestacas) para formação das futuras mudas, sendo o conjunto das minicepas denominado minijardim clonal.

Esta muda emite novas brotações (miniestacas) que são coletadas para enraizamento. O processo de enraizamento e de formação das mudas de miniestacas segue os mesmos procedimentos da técnica de estaquia, com a exceção da aplicação de regulador de crescimento (XAVIER; SILVA, 2010).

### **3 METODOLOGIA**

### 3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

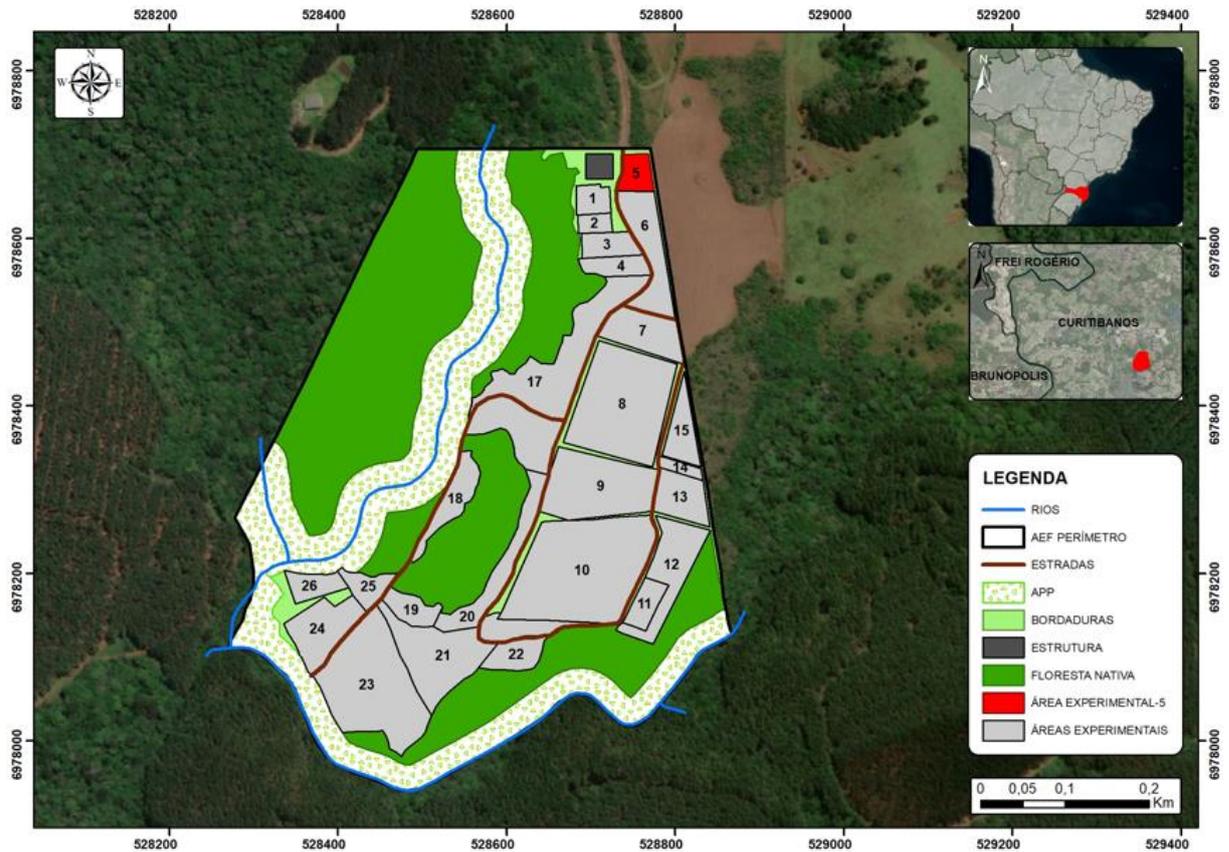
O plantio analisado foi instalado na Área Experimental Florestal – AEF da Universidade Federal de Santa Catarina, localizada próximo às margens da BR 470, no município de Curitibanos, nas coordenadas 27°18'52.11”S e 50°42'36.36”O, e altitude de 835 metros, situado na região Serrana do Estado de Santa Catarina.

Levando em consideração a classificação de Köppen, o clima da região de Curitibanos é classificado como Cfb, que é caracterizado como o tipo climático temperado propriamente dito, com temperatura média do mês mais frio menor que 18 °C e temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C. A estação da EPAGRI situada no município de Curitibanos (latitude Sul 27° 17' longitude Oeste 50° 38') a uma altitude de 1.016 m, registrou temperatura média anual de 16,5 °C, média das temperaturas mínimas (anual) de 12,4 °C, média das temperaturas mínimas absolutas (anual) de 0,6 °C, média das temperaturas máximas (anual) de 22 °C e, média das temperaturas máximas absolutas (anual) de 30,9 °C. A umidade relativa média anual registrada para o município é de 78% (WREGGE *et al.*, 2012) e, a pluviosidade média anual na região do município de Curitibanos é de 1.647 mm, segundo Pandolfo (2002).

Na região de Curitibanos predominam os solos do tipo Cambissolos com relevo ondulado e levemente ondulado, seguido dos Argissolos, segundo o Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina – Cepa/SC (2003).

A Área Experimental Florestal – AEF conta com 31,9 há, destinados ao desenvolvimento de projetos de Produção Florestal, Melhoramento Florestal, Ecologia e Fitossociologia, além de possuir um viveiro para produção de mudas e um arboreto (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2022). O plantio clonal de *C. japonicaca* analisado no presente estudo se encontra na unidade 5 da AEF (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de localização do município de Curitibaanos e da Área Experimental Florestal.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Mudas de 17 clones provenientes de três populações de Campo Belo do Sul (SC) e uma de Rio Negro (PR) (Quadro 1) foram plantadas no ano de 2018 em espaçamento de 4 por 4 m distribuídas em uma área de 0,2 ha. Durante o período de avaliação, sempre que possível, foi realizado o replantio das mudas, dependendo da disponibilidade de mudas dos clones em questão. O delineamento utilizado foi blocos casualizados desbalanceados com oito repetições.

Quadro 1– Populações e municípios de coleta do material para produção de mudas por propagação vegetativa dos 17 clones analisados.

Populações	Município	Clones
------------	-----------	--------

Bandeiras	Campo Belo do Sul (SC)	B3 B5 B7
Cachoeira	Campo Belo do Sul (SC)	CA1 CA2 CA3
Morro Agudo	Campo Belo do Sul (SC)	MA1 MA2 MA3 MA4 MA5 MA6
Rio Negro	Rio Negro (PR)	RN1 RN2 RN3 RN4 RN5

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os clones provenientes das populações de Campo Belo do Sul – SC pertencem a um plantio de propriedade da empresa Florestal Gateados Ltda. A área está compreendida dentro da Região Bio-climática 1 do estado de Santa Catarina, que é descrita por Carpanezzi *et al.* (1988) como local preferencial para plantio da espécie. A empresa se encontra nas coordenadas 28°00'10"S e 50°48'57"O a uma altitude de 970 metros. O clima predominante na região é quente e temperado com classificação Cbf de acordo com Köppen, com pluviosidade média anual de 1.647 mm, segundo Pandolfo (2002). De acordo com Wrege *et al.* (2012) a temperatura média mensal na região é de 16,5 °C, a média das temperaturas mínimas durante o ano é de 12,4 °C, a mínima anual absoluta é de 0,6 °C, e, a média das temperaturas máximas durante o ano é de 22 °C com uma máxima absoluta de 30,9 °C.

O povoamento de *C. japonica* foi plantado no ano de 1986, em terreno suave ondulado, utilizado como pastagem natural com queimadas anuais até o momento do plantio. As árvores de *C. japonica* plantadas no local, tiveram origem da Companhia de Melhoramentos, sem registros específicos. As estacas que deram origem aos clones foram coletadas de árvores com idade média de 32 anos, nomeadas de acordo com os diferentes talhões da empresa Florestal Gateados Ltda. em que foram plantadas. Em todos os locais, os melhores indivíduos foram selecionados em termos de crescimento e forma de fuste (retidão e conicidade).

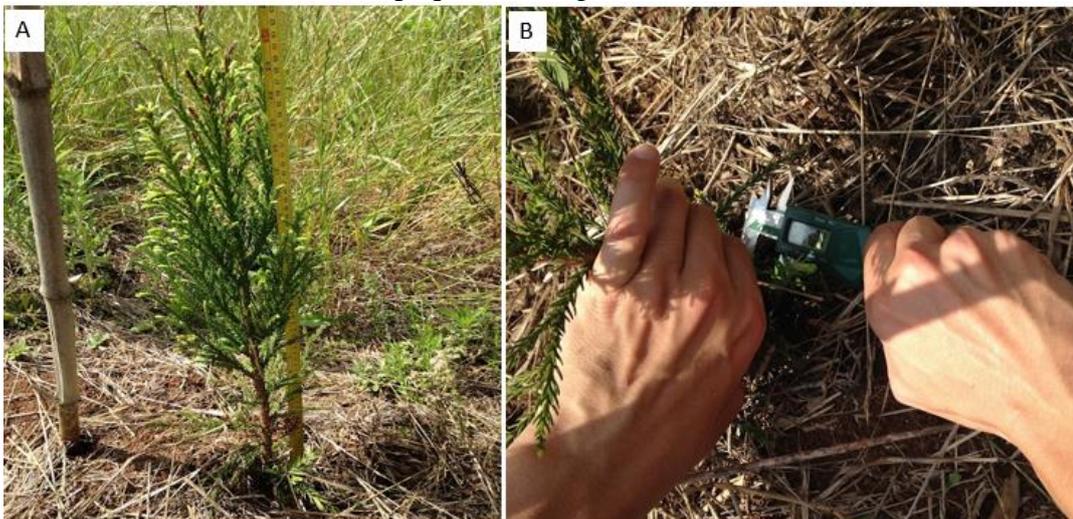
As matrizes com origem no município de Rio Negro, Paraná, fazem parte de um teste de procedência que foi realizado na Estação Experimental de Rio Negro, localizada na bacia do

Rio Passa Três, afluente do Rio Negro. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfb, ou seja, clima mesotérmico com temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C e superior a -3 °C, com pelo menos um mês com média igual ou superior a 10 °C (ALVES *et al.*, 2009). A área pertence a Universidade Federal do Paraná, e quando a mesma assumiu o local, predominava a vegetação campestre. O teste de procedência de *C. japonica* plantado entre fevereiro e abril de 1980 foi estabelecido com sementes de cinco origens japonesas (Miyagi, Toyama, Shimane, Akita e Nara). Nessa população foram coletadas estacas das procedências japonesas, com idade média de 38 anos e sem registro específico. Uma vez que as estacas foram coletadas em Cambo Belo do Sul, Santa Catarina e Rio Negro, Paraná, foi utilizado o método de propagação vegetativa de miniestaquia, onde as brotações (miniestacas) das plantas propagadas pelo método de estaquia convencional foram utilizadas como fontes de propágulo vegetativo.

### 3.2 COLETA DE DADOS

Foram realizadas medições anuais do diâmetro do colo e altura total dos clones até o terceiro ano de crescimento, a primeira mensuração foi feita no dia 24 de outubro de 2019, a segunda no dia 28 de outubro de 2020 e a última no dia 27 de novembro de 2021. A medição do diâmetro do colo foi realizada com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e a altura total foi obtida por meio de uma fita métrica graduada em metros (Figura 3).

Figura 3 – Medição da altura total com fita métrica (A) e do diâmetro do colo com paquímetro digital (B).



Fonte: O autor (2022).

A partir das informações coletadas no campo, determinou-se a área transversal e o volume do cone de cada árvore, conforme as respectivas equações 1 e 2.

$$g = \frac{d^2 \cdot \pi}{40000} \quad (1)$$

Sendo:

$g$  = Área transversal (m<sup>2</sup>);

$d$  = Diâmetro do colo (cm);

$$v = \frac{g \cdot h}{3} \quad (2)$$

Sendo:

$v$  = Volume (cm<sup>3</sup>);

$h$  = Altura total (cm);

### 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Aplicou-se a estatística descritiva para os valores de altura total, diâmetro do colo, área transversal e volume do cone para cada clone, aos três anos. Para o ranqueamento dos clones, foram utilizados os dados de dois anos, sendo as variáveis submetidas aos pressupostos da análise de variância (ANOVA), os quais incluem os testes de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) ao nível de 5% de significância e de homogeneidade das variâncias (Bartlett). As variáveis que não atenderam os pressupostos da ANOVA tiveram seus valores transformados pelas operações matemáticas de raiz quadrada (altura total, área transversal) e raiz cúbica (volume do cone). Atendido os pressupostos seguiu-se com a análise de variância e quando verificada diferença entre os tratamentos aplicou-se o teste de comparação de médias de Scott & Knott, a 5% de significância. As análises foram realizadas com o auxílio do software R Studio e os pacotes ExpDes.pt. e EasyAnova.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva para as variáveis altura total, diâmetro do colo, área transversal e volume do cone avaliadas até o terceiro ano de crescimento no plantio clonal de *C. japonica* consta na tabela 1.

Tabela 1– Estatística descritiva para as variáveis dendrométricas analisadas no plantio clonal de *C. japonica* nas diferentes idades, estabelecido no município de Curitiba, SC.

Idade (anos)	Variável	Unidade	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
1	<i>d</i>	cm	1,6	7,0	0,3	1,3
	<i>h</i>	cm	49	162	9	32
	<i>g</i>	m <sup>2</sup>	0,00033	0,00385	0,00001	0,00056
	<i>v</i>	m <sup>3</sup>	0,000066	0,00089	0,00000037	0,00014

2	$d$	cm	3,1	9	0,9	1,5
	$h$	cm	65	250	16	46,4
	$g$	m <sup>2</sup>	0,000914	0,006362	0,000064	0,000978
	$v$	m <sup>3</sup>	0,00017	0,0011	0,0000064	0,00022
3	$d$	cm	5,4	9,2	2,4	2,0
	$h$	cm	229	400	115	76,4
	$g$	m <sup>2</sup>	0,0026	0,0066	0,0005	18,1
	$v$	m <sup>3</sup>	0,0022	0,0088	0,00017	0,0022

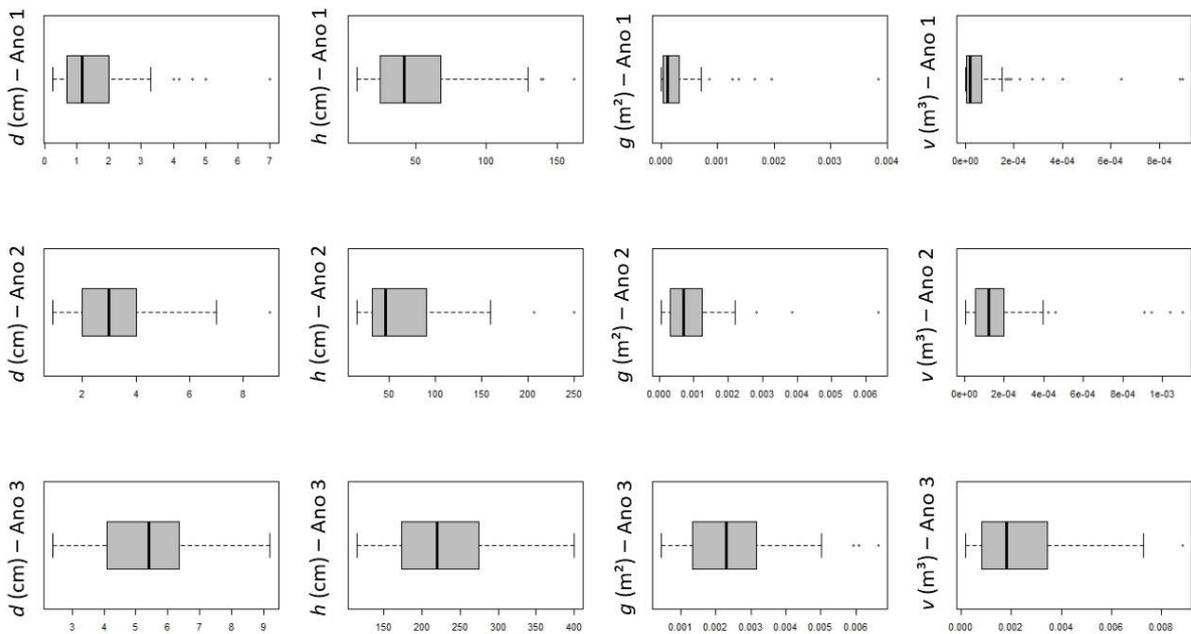
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Legenda:  $d$ = diâmetro do colo;  $h$ = altura total;  $g$ = área transversal e  $v$ = volume do cone.

O diâmetro do colo médio obtido apresentou comportamento crescente, como esperado, sendo os valores dos anos 1, 2 e 3 respectivamente 1,6; 3,1 e 5,4 cm. A variável altura total seguiu o mesmo comportamento, sendo a média observada no ano 1 igual a 49 cm, ano 2, 65 cm e ano 3, igual a 229 cm. Com relação ao volume do cone observado, o valor médio obtido para os clones aos 1, 2 e 3 anos de idade, foi de respectivamente 0,000066 m<sup>3</sup>, 0,00017 m<sup>3</sup> e 0,0023 m<sup>3</sup>.

Na figura 4 é possível observar a distribuição dos dados de *C. japonica* nos 3 anos de medições, onde nas colunas se encontram as variáveis dendrométricas ( $d$ ,  $h$ ,  $g$  e  $v$ ) e nas linhas os anos 1, 2 e 3.

Figura 4 – Distribuição dos dados dendrométricos para espécie de *C. japonica* nos anos 1, 2 e 3.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

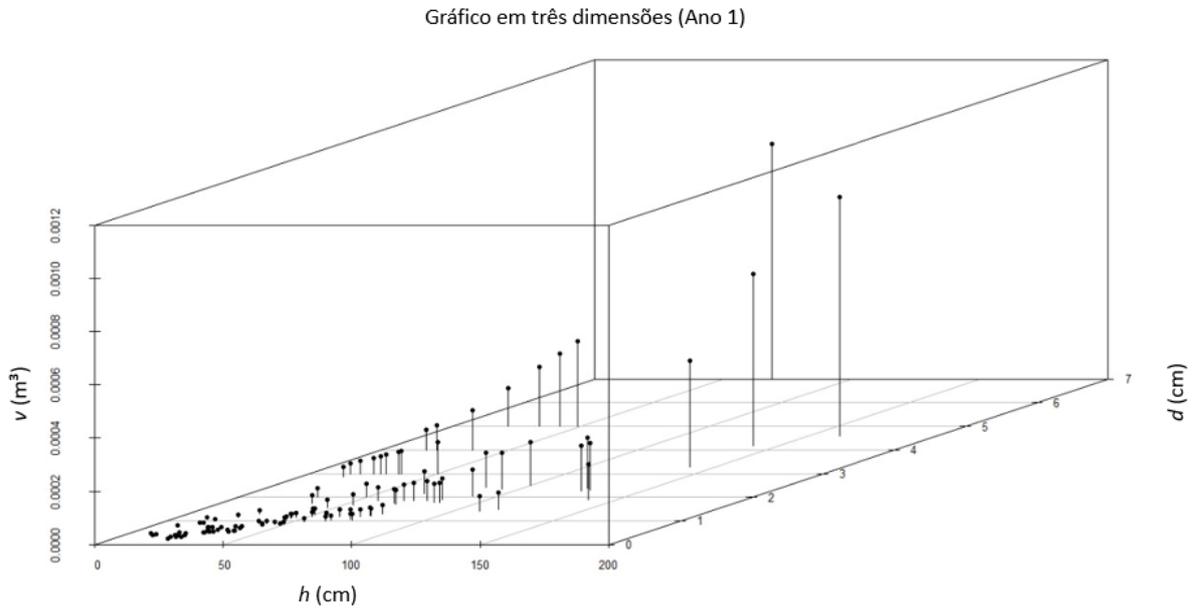
O valor médio obtido para variável diâmetro do colo no primeiro ano de medição foi de 1,6 cm, sendo esse valor superior aos 1,5 cm encontrado por Souza (2015) para mesma espécie na mesma idade, em seu estudo realizado no Paraná. Ely (2021), encontrou valor médio do diâmetro do colo igual a 5,4 cm para espécie de *Pinus taeda* aos 2 anos de idade na Área Experimental Florestal em Curitiba, valor esse superior ao encontrado para espécie de *C. japonica* aos 2 anos de idade no mesmo local. O valor obtido pelo autor é equivalente ao encontrado para espécie de *C. japonica* no terceiro ano de medição (5,4 cm).

A altura total média obtida para os clones com 1 ano de idade foi de 49 cm, valor esse, inferior à média de 77,2 cm registrada por Souza (2015) para a mesma espécie com 1 ano de idade crescendo no Paraná. Mesmo passados 2 anos com as mudas atingindo 65 cm, os valores não se igualaram ao descrito pelo autor. No terceiro ano de medição do experimento, a altura média registrada foi de 229 cm, sendo este valor inferior ao obtido por Kon (1972) que registrou uma altura média de 329 cm para mesma espécie crescendo em Curitiba, Paraná.

Comparando os valores médios da altura total obtidos no segundo ano de medição (65 cm) com espécies do gênero *Pinus*, observa-se que os clones de *C. japonica* avaliados obtiveram valores inferiores aos 251 cm, obtido por Ely (2021) para árvores de *Pinus taeda* aos 2 anos de idade crescendo em Curitiba, Santa Catarina. A altura total média obtida aos 3 anos de idade para os clones de *C. japonica* (229 cm), foi próxima à obtida por Kon (1972) em um plantio de *Pinus elliottii* de mesma idade no Paraná, que apresentou altura total média de 245 cm.

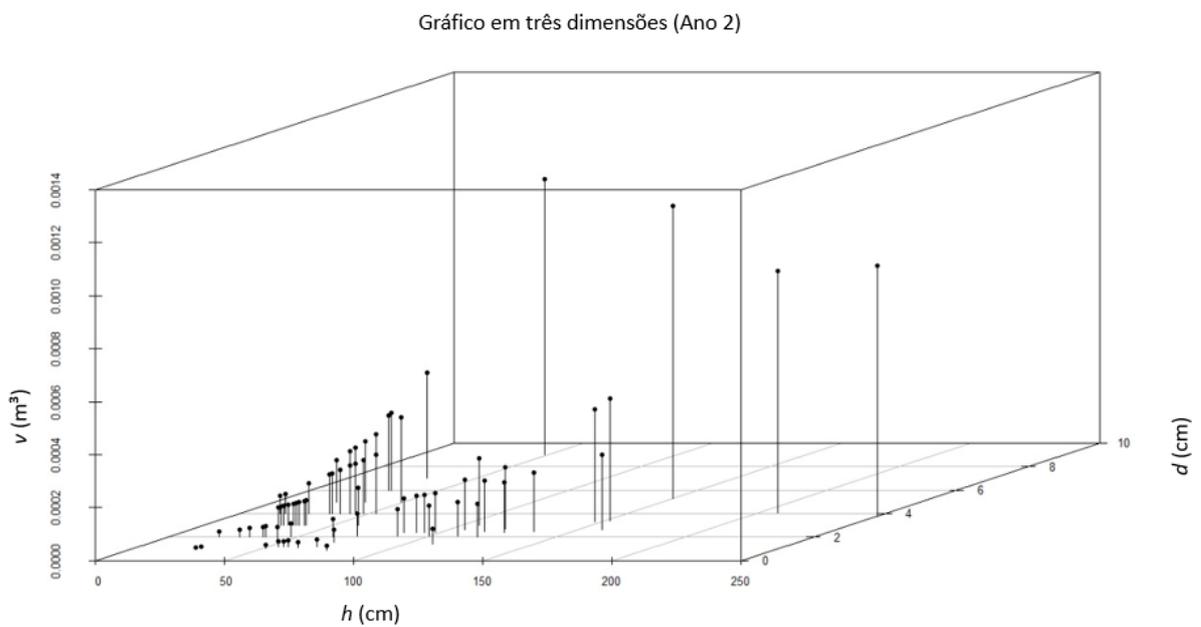
Nas figuras 5, 6 e 7 é possível visualizar o comportamento de crescimento da *C. japonica* em relação as variáveis de dendrométricas diâmetro do colo ( $d$ ), altura total ( $h$ ) e volume ( $v$ ) avaliadas nos anos 1, 2 e 3.

Figura 5 – Comportamento de crescimento da *C. japonica* para as variáveis dendrométricas ( $d$ ,  $h$  e  $v$ ) no ano 1.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

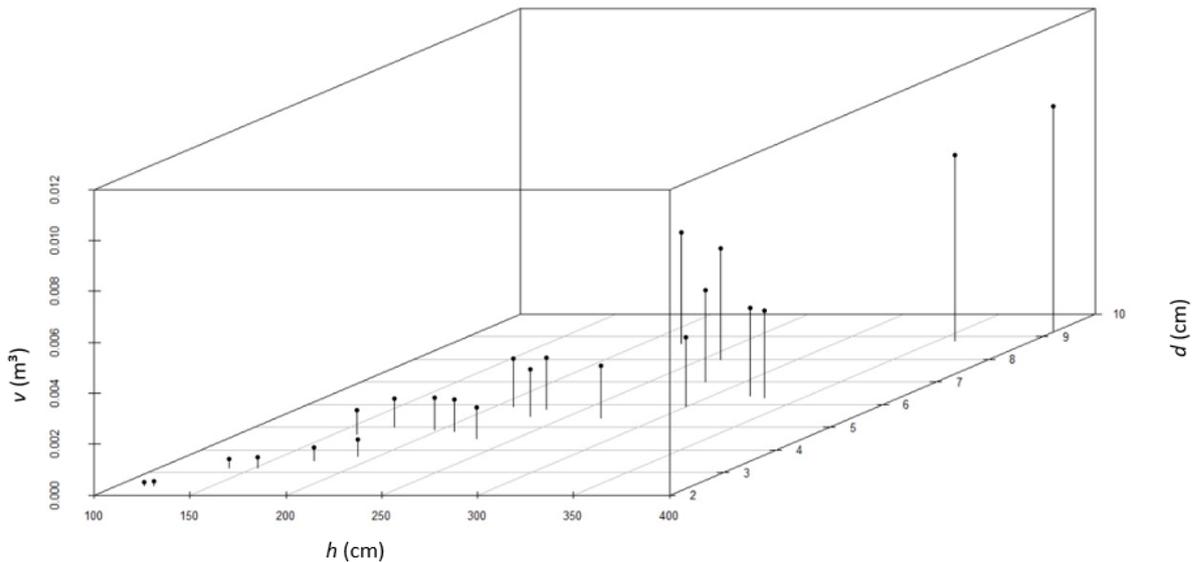
Figura 6 – Comportamento de crescimento da *C. japonica* para as variáveis dendrométricas ( $d$ ,  $h$  e  $v$ ) no ano 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 7 – Comportamento de crescimento da *C. japonica* para as variáveis dendrométricas ( $d$ ,  $h$  e  $v$ ) no ano 3.

Gráfico em três dimensões (Ano 3)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com relação ao ranqueamento dos clones, é possível observar (Anexo I) que a análise de variância mostrou haver diferença estatística significativa ( $p$  valor  $< 0,05$ ) entre os clones de *C. japonica* para todas as variáveis de crescimento avaliadas. Constatou-se também diferença significativa entre os blocos para as variáveis  $d$ ,  $g$  e  $v$ , o que indica que a escolha do delineamento de blocos ao acaso se mostrou adequada. Silva (2015) descreve em seu trabalho que este delineamento deve ser utilizado sempre que tivermos dúvidas sobre a homogeneidade ambiental, ou se temos certeza de sua heterogeneidade, nestas condições, a utilização deste delineamento é altamente eficiente.

Na tabela 2 consta o teste de comparação de médias para a variável altura total aos 2 anos de idade. É possível notar a formação de três grupos distintos, sendo esses o grupo A) com dois clones e altura superior; B) com três clones e altura mediana e C) com 12 clones e altura reduzida. Os clones MA4 e CA2 obtiveram as maiores médias para a altura total, respectivamente, seguidos dos clones RN2, B3 e RN4 que foram considerados iguais

estatisticamente recebendo uma mesma letra, se diferenciando dos demais clones que obtiveram os menores valores médios para a variável altura total.

Tabela 2 – Teste de Scott & Knott para a variável altura total.

Clone	Altura total (cm)
MA4	117.3 a*
CA2	117.2 a
RN2	58.9 b
B3	49.7 b
RN4	45.1 b
MA6	23.5 c
B7	21.5 c
MA5	14.4 c
CA1	12.6 c
MA2	10.4 c
MA3	10.4 c
B5	7.89 c
RN5	5.33 c
RN1	3.64 c
MA1	2.79 c
CA3	2.59 c
RN3	2.10 c

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott & Knott. Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O teste de comparação de médias para a variável volume do cone (Tabela 3) indica que os clones CA2, MA4, RN2, B3, RN4 e MA6 se sobressaíram, apresentando diferença estatística ao nível de 5% de significância em relação aos demais clones.

Tabela 3 – Teste de Scott & Knott para a variável volume do cone.

Clone	Volume do cone (m <sup>3</sup> )
CA2	0.0000065 a*
MA4	0.0000065 a
RN2	0.0000059 a
B3	0,0000049 a
RN4	0.0000044 a
MA6	0.0000038 a
B7	0.0000032 b
MA2	0.0000021 b
MA3	0.0000019 b
CA1	0.0000019 b
B5	0.0000018 b
RN5	0.0000017 b
MA5	0.0000017 b
MA1	0.00000055 b
RN1	0.00000032 b

RN3	0.00000023 b
CA3	0.00000018 b

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott & Knott. Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os 5 melhores clones não apresentam agrupamento por procedência, sendo observado indivíduos das 2 procedências e de todos os 4 locais de coleta de propágulos. Isso indica que houve uma adaptação por parte dos clones as condições aos quais foram expostos.

Os resultados demonstram que os clones CA2 e MA4 apresentaram o melhor desempenho em relação as variáveis avaliadas aos 2 anos de idade. O clone CA2 apresentou o maior crescimento médio em volume, e o segundo maior crescimento em altura. Seguido do clone MA4 que apresentou maior crescimento médio em altura e segundo maior em volume. Os clones RN2 e B3 se encontram nas posições 3 e 4 para as duas variáveis avaliadas respectivamente. Portanto, considerando as variáveis de volume do cone e altura total, os clones mais indicados para região do experimento são o CA2 e o MA4.

Comparando o número de indivíduos plantados no início do experimento onde haviam 136 árvores, com os 23 indivíduos que sobreviveram ao final do terceiro ano de medição (Anexo IV) é possível perceber uma elevada taxa de mortalidade (~83%). Esse elevado valor de mortalidade pode ser explicado pela alta dificuldade em se cultivar esta espécie em ambiente aberto. Cabe destacar que *C. japonica* é uma espécie de difícil estabelecimento, embora seja recomendado o plantio em locais de elevada altitude e baixas temperaturas. Shimizu e Maiochi (2007) concluíram em seu estudo realizado no Paraná, onde avaliaram um plantio estabelecido com sementes de *C. japonica* de diferentes origens, com diferentes materiais genéticos existentes no país, que as origens mais indicadas para produção de madeira são as de locais com temperatura média anual maior que 12 °C, de baixa altitude (até em torno de 500 m), onde a precipitação pluviométrica média anual não passa de 1.700 mm. Condições essas diferentes das encontradas no local do experimento.

A alta taxa de mortalidade provavelmente, está atrelada ao grande número de geadas severas que ocorrem na região de Curitiba, onde o experimento está instalado, onde as geadas ocorrem entre maio e setembro (ALVARES *et al.*, 2018), com 20 a 37 dias de geada por ano, e intensidade variando de fraca a média, em que a varia de 0 °C a -6°C. Esse aspecto representa uma possível dificuldade silvicultural, limitando o cultivo da espécie, reforçando a preocupação de plantios em áreas com baixas temperaturas e ocorrência de severas geadas, como é o caso da região Centro-Oeste do Estado de Santa Catarina, Nesse mesmo sentido, Baroni *et al.* (2021) em seu estudo instalado na mesma área experimental do presente trabalho,

concluiu que a espécie de *Eucalyptus pilularis* não é adequada para plantios em regiões com geadas severas. Os autores observaram que nenhum dos indivíduos resistiu as severas geadas que ocorreram no local, onde no mês de agosto de 2018 as temperaturas mínimas atingiram - 6,8 °C.

Dobner Jr. *et al.* (2013) estudando um teste de procedências com sementes de cinco origens japonesas (Miyagi, Toyama, Shimane, Akita e Nara) de *C. japonica* plantado entre fevereiro e abril de 1980, descreve a presença de bifurcações basais, em decorrência provavelmente, à incidência de geada nos primeiros anos após o plantio das mudas. Os autores ranquearam as melhores procedências durante o estudo, e um dos critérios de ranqueamento utilizado para determinar o potencial silvicultural da espécie de *C. japonica* para o Sul do Brasil, foi a ausência de bifurcação na base das árvores. Essa ausência, sugere que a presença de bifurcação na base, é um indicativo de maior sensibilidade a ocorrência de geadas. Segundo Balmelli (1993) a porcentagem de plantas com estas características de bifurcação na base ou ramificação, é uma forma indireta de se avaliar a tolerância destas ao frio.

Mesmo expostas a geadas severas, algumas procedências não tiveram sua base bifurcada e se desenvolveram satisfatoriamente, dando origem a população de Rio Negro analisada no presente estudo. Ainda assim, mesmo com a utilização de clones que demonstraram possuir uma certa tolerância a geada, como é o caso da procedência de Rio Negro – PR, os resultados demonstraram uma alta taxa de mortalidade, o que talvez indique, que diferentes estratégias de cultivo possam ser consideradas em regiões de clima frio, ou em regiões com geadas severas como as do local do experimento.

As matrizes de *C. japonica* que foram selecionadas para coleta de material vegetativo variam de idade, sendo a média de idade dos indivíduos da procedência de Rio Negro, Paraná, igual a 38 anos, enquanto os indivíduos de procedência de Campo Belo do Sul, Santa Catarina, apresentaram média de 32 anos de idade. Esse fator possivelmente contribuiu para a alta taxa de mortalidade dos clones de *C. japonica*, uma vez que o enraizamento das estacas é tão menor quanto maior a idade das árvores, o que faz da idade das árvores um fator significativo. Isso é confirmado por Fachinello *et al.* (1995) *apud* Bastos (2009), que verificou que a idade da planta matriz é um fator importante no enraizamento, uma vez que as estacas retiradas de plantas em estágio juvenil de crescimento apresentam maior capacidade de formar raízes do que as estacas retiradas de plantas adultas. De acordo com Bastos (2009) isso está associado a quantidade de fitohormônios das plantas, que variam conforme sua idade fisiológica e órgão, apresentando mudanças no crescimento e na capacidade de formação de raízes adventícias nas estacas de

ramos. Apesar do processo de instalação de minijardim clonal, onde se visou o rejuvenescimento das brotações colocadas para enraizamento, provavelmente materiais com alto potencial silvicultural podem ter o seu desempenho de crescimento prejudicado, em função da elevada idade das matrizes.

A espécie de *C. japonica* possui o seu centro de origem, em locais de clima temperado, com a ocorrência de neve nas épocas mais frias, no entanto, devido a alta taxa de mortalidade em estudos realizados no Sul do Brasil, é possível perceber que a espécie tolera geadas, mas não é resistente as mesmas. Dobner Jr. (2008) descreve que plantas arbóreas naturais de regiões com clima temperado, desenvolvem resistência ao frio em consequência direta à queda na temperatura, nesses casos a resistência a baixas temperaturas se dá pelo aumento na reserva de carboidratos e lipídeos.

Segundo Hawerth *et al.* (2010) a modificação de processos fisiológicos específicos, que determinam a paralisação do crescimento vegetal e a aquisição de tolerância ao frio na dormência, é reflexo da sincronização do desenvolvimento vegetal com as condições ambientais existentes. Para Fennel *et al.* (2005) *apud* Hawerth *et al.* (2010), a dormência na maioria das frutíferas temperadas é induzida por baixas temperaturas e por respostas fotoperiódicas, pois o crescimento das plantas é paralisado no final do verão, antes de entrarem em dormência no outono, o que pode ser possivelmente associado ao declínio do fotoperíodo nesta época. O mesmo autor cita que o primeiro sinal determinante da época de indução da endodormência é a redução do fotoperíodo, sendo esse fator responsável por importantes modificações de ordem fisiológicas e bioquímicas. De acordo com Hawerth *et al.* (2010) a endodormência consiste na paralisação do desenvolvimento da gema como forma de sobrevivência em condições ambientais desfavoráveis ao crescimento, como as baixas temperaturas e o déficit hídrico.

A região Serrana de Santa Catarina onde foi realizado o plantio de *C. japonica*, embora seja uma região de clima temperado com a demarcação do inverno bem definida, possui um tempo de duração do fotoperíodo maior do que na região de origem da espécie, onde os dias são mais curtos com a ocorrência de neve. Em seu local de origem, como a duração dos dias são mais curtos desde o final do verão, a espécie de *C. japonica* consegue desenvolver melhor seus mecanismos de redução do fotoperíodo, percebendo assim, a chegada do frio de forma que se tenha um aumento nas suas taxas de resistência a baixas temperaturas. Embora no Brasil os dias fiquem mais curtos nos dias que antecedem o inverno e na própria estação, a espécie de *C. japonica* requer de dias fortemente mais curtos para melhor desenvolver sua resistência.

## **5 CONCLUSÃO**

Os cinco clones que apresentaram o melhor desempenho em relação a altura e volume (MA4, CA2, RN2, B3 e RN4) não apresentam agrupamento por populações. Isso indica que há variabilidade e potencial de seleção de materiais de alta produtividade em todos os locais considerados.

Observou-se alta taxa de mortalidade (~83%), resultado da ocorrência de geadas severas. Essa constatação indica que diferentes estratégias de cultivo devem ser consideradas em regiões com geadas severas, alternativas ao cultivo em céu aberto.

Conclui-se também que, apesar da mortalidade, houve adaptação de alguns clones às condições as quais foram expostos, garantindo seu potencial de cultivo e superioridade aos demais materiais.



## REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, C. A. *et al.* Modelagem de dias de geadas meteorológicas e agronômicas mensais, com base na temperatura mínima do ar no centro Sul do Brasil. **Climatologia Teórica e Aplicada**, v. 134, p. 177 – 191, 2018.
- ALVES, M. V. G. *et al.* Modelagem de umidade do material combustível baseada em condições meteorológicas. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 167-174, 2009.
- ALVES, S. T. *et al.* Teste de procedência de *Cryptomeria japonica* em três regiões do Estado do Paraná. Curitiba: **Embrapa CNPF**, 1984. 3 p. (EMBRAPAURPFS. Pesquisa em andamento, n. 40).
- ASSIS, F. T. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In Conferência IUFRO sobre silvicultura e melhoramento de eucaliptos, 1997, Salvador, BA. Colombo: **Embrapa CNPF**, v. 1 p. 300-304, 1997.
- BARONI, G. R. *et al.* Mortalidade de progênies e procedências de *Eucalyptus pilularis* após geadas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 41, p. 1-6, 2021.
- BASTOS, D. C. *et al.* Influência da idade biológica da planta matriz e do tipo de estaca caulinar de caramboleira na formação de raízes adventícias. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1915-1918, 2009.
- BALMELLI, G. Danõ de Heladas en *Eucalyptus*: Evaluacion de dño en especies origenes em el primer invieno. **Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria**. Série técnica n. 40, INIA – Tacurembo, 1993.
- BONFATTI Jr. *et al.* Polpação Kraft e produção de papel de *Cryptomeria japonica*. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 47, n. 124, p. 811-822, 2019.
- CAPALDI, F. R. **Avaliação de diferentes fontes de nitrogênio em explantes de *Cryptomeria japonica* D. Don “Elegans” cultivados *in vitro*: análises bioquímicas e relações entre reguladores vegetais.** 2002. Tese (Mestrado em recursos florestais) – Universidade de São Paulo: Piracicaba, 2002.
- CARNEIRO, M. E; BITTERCOURT, E; MUNIZ, G. I. B. Qualidade da madeira de *Cryptomeria japonica* D. Don. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 913-920, 2009.
- CARPANEZZI, A. A. *et al.* Zoneamento ecológico para plantios florestais do estado de Santa Catarina. Curitiba: **EMBRAPA-CNPF**, 1988. 100 p. (EMBRAPA-CNPF. Documento 21).
- CARVALHO, J. M. F. C. Técnicas de micropropagação. Embrapa algodão. Campina Grande PB. **Embrapa**, 1999 (Comunicado técnico 64).
- CHAGAS, E. A. *et al.* Propagação do camu-camu (*Myrcya dúbia* (H.B.K) Mcvaugh). **Revista Brasileira de Agroambiente**, v. 6, p. 67-73, 2012.

COUTINHO, V. M. *et al.* Modelagem do crescimento de *Cryptomeria japonica* por análise de tronco parcial. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 37, n. 90, p. 93-98, 2017.

DOBNER JR, M; VAGAES, A. C; HIGA, A. R. Aproveitamento do germoplasma de *Cryptomeria japonica* da estação experimental de Rio Negro, PR, visando a produção de sementes. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 363 - 372, 2013.

DOBNER JR. M. *et al.* Crescimento de um povoamento de *Cryptomeria japonica* no sul do Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 39- 46, 2013.

DOBNER JR. M. *et al.* Propagação assexuada de *Cupressus lusitânica* e *Cryptomeria japonica*: o desafio do resgate genético de árvores adultas. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 117, p. 53- 63, 2018.

DOBNER JR. M. **Efeito da cobertura de *Pinus taeda* L. na proteção contra geadas e no crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ELY, L. V. **Avaliação de diferentes dosagens de fertilizantes de liberação lenta no crescimento inicial de clones de *Pinus taeda*.** 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2021.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná.** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. 86 p. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 17).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina.** Curitiba: EMBRAPA-CNPF, 1988. 100 p. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 21).

ENCINAS, J. I; SILVA, G. F da; TICCHETTI, I. Variáveis dendrométricas. **Comunicações técnicas florestais**, Universidade de Brasília, Brasília, v. 4, n. 1, 2002.

ENCINAS, J. I; SILVA, G. F da; PINTO, J. R. R. Idade e crescimento das árvores. **Comunicações técnicas florestais**, Universidade de Brasília, Brasília, v. 7, n. 1, 2005.

FERRARI, M. P; GROSSI, F; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. Colombo PR. **Embrapa**, 2004 (Comunicado técnico 94).

FONTE, A. P. N. *et al.* Propriedades físicas e químicas da madeira de cerne e alborno de *Cryptomeria japonica*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 3, p. 277-285, 2017.

HAWERROTH, F. J. *et al.* **Dormência em frutíferas de clima temperado. Pelotas. Rio Grande do Sul.** Embrapa clima temperado, p. 57, 2010 (EMBRAPA-CNPF. Documentos 310). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44317/1/documento-310.pdf>>. Acesso em 20 jan. 2022.

INDÚSTRIA DE ÁRVORES. **Relatório Anual IBÁ**. Brasília; IBÁ, 2021. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>> acesso em 29 jan. 2021.> Acesso em: 22 jan. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e silvicultura**, PEVIS, Rio de Janeiro, v. 32, p. 1-8, 2017. Disponível em: <[https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com\\_mediaibge/arquivos/15f538e9095614fc3204f828b22fa714.pdf](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/15f538e9095614fc3204f828b22fa714.pdf)> Acesso em: 05 jan. 2022.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA (CEPA). **Caracterização regional Curitibanos**. SDR, Curitibanos, 2003.

IWAKIRI, S. *et al.* Avaliação da resistência de juntas coladas da madeira de *Cryptomeria japonica* e *Sequoia sempervirens* com diferentes adesivos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 19-26, 2015.

KIKUTI, P. **Parâmetros genéticos em progênie de meios irmãos e clonais numa população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden na região de Telêmaco Borba-PR**. 1988. Tese (Mestrado em Ciências florestais) –Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

KON, I. Crescimento de *Cryptomeria japonica* (L. f) Don. Em plantio consorciado com *Pinus elliottii* Eng. Var. *elliottii* na Fazenda Arraial. **Revista Floresta**, 1972.

LANDIS, T. D; DUMROESE, R. K; HAASE, D. L. Seedling, storage and outplanting. In: RITCHIE, G. A. *et al.* Assessing plant quality.V.7, Washington, DC: U.S. **Department of Agriculture Forest Service**, 2010. p. 18-81 (Agriculture Handbk, 674).

NISGOSKI, S. **Identificação e caracterização anatômica macroscópica das principais espécies utilizadas para laminação na região de Curitiba - PR**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

OLIVEIRA, M. L. **Efeito da estaquia, miniestaquia, microestaquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus spp.*** 2003. Tese (Mestrado em Ciência florestal) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

PANDOLFO, C. *et al.* **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002.

PEREIRA, J. C. D; HIGA, R. C. V; SHIMIZU, J. Y. **Propriedades da Madeira do Cedrinho Japonês**. Colombo PR: Embrapa, 2003 (Comunicado técnico 88).

PEZZUTTI, R. V; CALDATO, S. L. Sobrevivência e crescimento inicial de mudas de *Pinus Taeda L.* com diferentes diâmetros do colo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 355-362, 2011.

PINTO, J. A. **Análise da viabilidade do uso da madeira de “*Cryptomeria japonica*” para laminação e produção de painéis compensado**. 2011. Tese (Mestrado em Ciências florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

RAMOS, M. G. *et al.* **Manual de silvicultura: cultivo e manejo de florestas plantadas.** Florianópolis: Epagri, 2006. 55p. (Boletim Didático, 61).

SANTOS, C. B. *et al.* Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, 2000.

SILVA, M. M. S. **Análise estatística de um experimento em blocos ao acaso abordando os aspectos teóricos e práticos.** 2015. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Estatística) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

SOUZA, K. K. F. **Efeito da adubação mineral no crescimento e produção de óleo essencial de espécies florestais no primeiro planalto paranaense, pinhais, PR.** 2015. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SCHLICHTING, R. C. **Caracterização morfológica dos traqueídeos da madeira de *Cryptomeria japonica* no sentido medula-casca.** 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos. 2017.

SHIBUTANI, S; TAKATA, K; DOI, S. Quantitative comparisons of antitermite extractives in heartwood from the same clones of *Cryptomeria japonica* planted at two different sites. **Journal of Wood Science**, v. 53, p. 285–290, 2007.

SHIMIZU, J. Y; MAIOCHI, R. A. Criptoméria como espécie alternativa para produção de madeira no Paraná. **Pesquisa Florestal brasileira**, Colombo, n. 54, p. 63-70, 2007.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de Pinus tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos.** 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TRIANOSKI, R; IWAKIRI, S; CHIES, D. Utilização da madeira de *Cryptomeria japonica* para produção de painéis de partículas orientadas (OSB). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 487-496, 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Área experimental florestal.** 2022. Disponível em: <<https://engenhariaflorestal.ufsc.br/fazenda-experimental/>> Acesso em: 07 jan. 2022.

VASCONCELOS, T. *et al.* **Cryptomeria do japon.** Parque botânico da Tapada da Ajuda, Universidade de Lisboa, Lisboa 2018 (Ficha técnica 17).

VIVIAN, M. A. *et al.* Natural durability of *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* and *Pinus taeda* woods in field trial. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 50, n. 3, p. 1603 - 1612, 2020.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa**. In: I Semana do Estudante Universitário. Florestas e meio ambiente. Colombo PR: Embrapa, 2003.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): Estado da arte e Tendências futuras**. Colombo PR: Embrapa, 2004 (Comunicado técnico 91).

WREGGE, M. S. *et al.* **Atlas climático da região sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012.

XAVIER, A; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**. v. 34. p. 93 – 98, 2010.

**ANEXO I – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS  
DENDROMÉTRICAS AVALIADAS AOS 2 ANOS DE IDADE**

ANEXO 1 – Análise de variância (ANOVA) para as variáveis diâmetro do colo ( $d$ ), altura total ( $h$ ), área transversal ( $g$ ) e volume ( $v$ ) no plantio clonal de *C. japonica* estabelecido no município de Curitibaanos, SC.

$d$ (cm)					
	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	16	120.38	7.5237	2.5308	0.0023329
Bloco	7	55.27	7.8951	2.6557	0.0139956
Resíduo	113	335.93	2.9728		
Total	136	511.58			
$h$ (cm)					
	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	16	572.77	35.798	2.2527	0.00705
Bloco	7	125.62	17.946	1.1293	0.34987
Resíduo	113	1795.73	15.891		
Total	136	2494.12			
$g$ (m <sup>2</sup> )					
	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	16	0,009455	0.00059091	2.5308	0.0023329
Bloco	7	0.004341	0.00062008	2.6557	0.0139956
Resíduo	113	0.026384	0.00023349		
Total	136	0.040179			
$v$ (m <sup>3</sup> )					
	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	16	280.12	17.5078	2.4939	0.0027054
Bloco	7	142.49	20.3559	2.8996	0.0079659
Resíduo	113	793.28	7.0202		
Total	136	1215.89			

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).



**ANEXO III – CROQUI DO EXPERIMENTO ELABORADO EM 14/10/2020**

**Cryptomeria**                      17    x    8    =    136

Plantio:                                01/10/2018

Espaçamento:                    4 x 4 m

