

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

Allan Felipe Vuolo

**Crescimento inicial de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e suas relações com  
variáveis meteorológicas no Planalto Serrano Catarinense**

Curitibanos, SC

2024

Allan Felipe Vuolo

Crescimento inicial de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e suas relações com variáveis meteorológicas no Planalto Serrano Catarinense

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. Vinicius Costa Cysneiros

Curitibanos, SC

2024

Vuolo, Allan Felipe

CRESCIMENTO INICIAL DE Araucaria angustifolia (Bertol.)  
Kuntze E SUAS RELAÇÕES COM VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NO  
PLANALTO SERRANO CATARINENSE / Allan Felipe Vuolo ;  
orientador, Vinicius Costa Cysneiros , 2024.

36 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,  
Curitibanos, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Pinheiro-brasileiro . 3.  
Espécie Ameaçada. 4. Plantios Florestais. 5. Modelagem do  
Crescimento. I. Cysneiros , Vinicius Costa . II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia Florestal. III. Título.

Allan Felipe Vuolo

**Crescimento inicial de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e suas relações com  
variáveis meteorológicas no Planalto Serrano Catarinense**

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, 22 de Novembro de 2024.

---

Prof. Dr. Marcelo Bonazza  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Vinicius Costa Cysneiros, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Mário Dobner Júnior, Dr.  
Avaliador  
Florestal Gateados

---

Laio Zimmermann Oliveira, MSc.  
Avaliador  
FlorestaSC – Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela saúde, força e fé que me sustentaram em cada momento dessa caminhada. Sem Sua presença, eu não teria conseguido superar os desafios e continuar firme até o fim deste projeto.

Agradeço profundamente à minha mãe, que sempre foi e sempre será uma fonte inesgotável de inspiração, exemplo de dedicação e resiliência. Seu amor e apoio incondicional são o alicerce de tudo o que conquistei até aqui. Ao meu pai, que esteve ao meu lado em todas as fases dessa trajetória, me incentivando e acreditando em meu potencial, mesmo nos momentos em que eu duvidava de mim mesmo.

Aos meus irmãos, Johan e Layla que sempre conseguem encher minha vida de alegria e leveza, lembrando-me da importância de sorrir, mesmo em meio às dificuldades. Cada momento compartilhado com vocês é um combustível para continuar.

À minha namorada, Letícia, que nunca soltou minha mão e esteve comigo nos momentos mais desafiadores e nas conquistas mais felizes. Sua paciência, carinho e compreensão foram essenciais para que eu pudesse chegar até aqui.

Meu sincero agradecimento ao professor Vinícius, cuja orientação precisa e incentivo constante fizeram toda a diferença ao longo desta jornada. Seu compromisso e dedicação serviram não apenas como apoio técnico, mas como um exemplo de como a educação pode transformar vidas.

Estendo também minha gratidão a todos os professores que me ensinaram ao longo da graduação. Cada aula, conselho e ensinamento deixou uma marca importante na minha formação e contribuíram para que eu me tornasse o profissional e a pessoa que sou hoje.

Ao Núcleo de Estudos em Dendrometria, Inventário e Manejo (NEDIM), que sempre ajudaram nos dias de campo e enriqueceu meu senso crítico com suas discussões.

Aos amigos que compartilharam esta caminhada comigo, tanto nas aulas quanto nas vivências de campo. Cada momento, cada conversa e cada experiência dividida tornaram essa jornada mais leve e especial. Sem vocês, essa trajetória teria sido mais solitária e menos significativa.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, cruzaram meu caminho durante essa fase. Cada contribuição, por menor que tenha sido, teve um impacto positivo na realização deste trabalho.



## RESUMO

Devido à intensa exploração pretérita da espécie *Araucaria angustifolia*, é de extrema importância entender o crescimento inicial da espécie. Com esse intuito, 90 mudas de *A. angustifolia* foram plantadas na Área Experimental Florestal da Universidade Federal de Santa Catarina, no Campus de Curitibanos, mensuradas em outubro de 2020 e continuamente e mais oito medições com intervalos trimestrais. Com os dados coletados foram ajustados seis diferentes modelos matemáticos buscando explicar o crescimento para o diâmetro de coleto, altura total e área de copa. Além disso, foram analisados o comportamento e a correlação do crescimento com as variáveis meteorológicas do período de estudo e das estações do ano. Dentre os modelos testados, o quadrático se mostrou mais acurado para as variáveis diâmetro de coleto e área de copa, já para altura total o melhor foi o modelo de potência. Foi possível observar que o crescimento de todas as variáveis foi maior nos trimestres mais quentes, que coincide com a estação do verão. Por fim, correlações estatisticamente significativas foram encontradas entre o crescimento em altura total e área de copa, relacionadas com variáveis meteorológicas, sendo a temperatura mínima um importante fator positivo de influência no crescimento inicial de *A. angustifolia*.

**Palavras-chave:** Pinheiro-brasileiro. Espécie Ameaçada. Plantios Florestais. Modelagem do Crescimento. Temperatura Mínima.



## ABSTRACT

Due to the intense past exploitation of the *Araucaria angustifolia*, it is extremely important to understand its initial growth. Thus, 90 *A. angustifolia* seedlings were planted in the Experimental Forest Area of the Federal University of Santa Catarina, on the Curitibanos Campus, and measured continuously in October 2020, with eight more measurements at quarterly intervals. Six mathematical models were adjusted using the collected data, to explain the growth of stem diameter, total height, and canopy area. In addition, the growth correlation with the meteorological variables of the study period along the seasons were analyzed. Among the tested models, the quadratic model proved the most accurate growth predictions for the stem diameter and canopy area, while the power model was the best for total height. It was possible to observe that the growth of all variables was greater in the warmer quarters, which coincide with the summer season. Finally, statistically significant correlations were found between growth in total height and canopy area, related to meteorological variables, with minimum temperature being an important factor that positive influencing the initial growth of *A. angustifolia* trees.

**Keywords:** Brazilian Pine. Threatened Species. Forest Plantations. Growth Modeling. Minimum Temperature.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS .....	16
1.1.1	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>16</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1	<i>Araucaria angustifolia</i> .....	17
2.2	CRESCIMENTO DA ESPÉCIE <i>Araucaria angustifolia</i> .....	18
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO .....	20
3.2	COLETA DE DADOS .....	20
3.3	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO .....	21
3.4	VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS .....	22
3.5	ANÁLISE DOS DADOS .....	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
4.1	CRESCIMENTO DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS.....	25
4.2	INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NO CRESCIMENTO 27	
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um *hotspot* de grande importância, pela sua grande diversidade de espécies endêmicas e ameaçadas (Myers et al., 2000). A ampla ação antrópica nesse bioma causou sua fragmentação e afetou suas fitofisionomias, levando inúmeras espécies ao risco de extinção (Ribeiro et al., 2009). A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze é uma das espécies que mais sofreu impacto pela exploração madeireira no passado, sendo atualmente uma espécie considerada em extinção pela portaria nº 148 de 7 de junho de 2022 do Ministério do Meio Ambiente e como criticamente ameaçada na Red List da IUCN. Como agravante, as mudanças climáticas estão afetando a distribuição espacial da espécie e restringindo seu crescimento (Puchalski et al., 2006).

Conhecer o crescimento e produção das variáveis dendrométricas é uma ferramenta muito importante para planejar e viabilizar as atividades florestais. Em conjunto com a utilização de modelos biológicos, a análise do crescimento pode viabilizar a utilização consciente e continuidade dos recursos florestais (Scolforo, 1998) dentro da Floresta Ombrófila Mista. Trabalhos como o de Maestri (2003) mostram a importância de considerar variáveis meteorológicas em modelos biológicos para poder prever o comportamento das plantas frente às mudanças climáticas. A fim de atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela ONU (ONU, 2015), conhecer os fatores que influenciam o desenvolvimento e perpetuidade da emblemática espécie *A. angustifolia* podem ajudar a mitigar as mudanças climáticas e perpetuar a vida na terra.

Nesse contexto, conhecer a influência das variáveis meteorológicas e seus impactos sobre o crescimento inicial de *A. angustifolia* é fundamental para sua conservação frente aos cenários de mudanças climáticas (Silva et al., 2023). Atualmente é crescente a demanda por técnicas e conhecimentos silviculturais a fim de diminuir custos no processo de implantações de espécies nativas (Brançalion et al., 2019), ressaltando a relevância de trabalhos como o presente estudo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o crescimento inicial de *A. angustifolia* e suas relações com variáveis meteorológicas.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Modelar o crescimento do diâmetro de coleto, altura total e área de copa, em função da idade do plantio;
- Avaliar o crescimento dessas variáveis em diferentes estações do ano;
- Avaliar a correlação entre crescimento e variáveis meteorológicas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Araucaria angustifolia*

*A. angustifolia* é conhecida popularmente como Pinheiro-do-Paraná, Pinheiro Brasileiro, ou apenas por Araucária, podendo ser encontrada em toda a região sul do Brasil e em parte do sudeste naturalmente, ocorrendo de altitudes entre 400 metros e 1500 metros acima do nível do mar (Carvalho; Nakagawa, 2012, Carvalho, 2003). Em conjunto com as espécies do gênero *Podocarpus*, são os representantes das gimnospermas que estão presentes de forma natural na Floresta Ombrófila Mista, que tem o nome “mista” devido à presença destas espécies gimnospermas em conjunto com angiospermas (Gasper *et al.*, 2013).

Pertencendo a família da Araucariaceae, *A. angustifolia* é uma árvore perenifólia, de tronco reto, circular e podendo atingir mais de 20 metros de altura (Carvalho, 2003). Podendo atingir mais de 3 metros de diâmetro a altura do peito e mais de 40 metros de altura (Scipioni *et al.*, 2019), a espécie possui uma casca muito espessa podendo chegar a mais de 15 cm de espessura (Cysneiros; Scipioni; Allen, 2024). Suas sementes são muito apreciadas pela população na região onde ocorre, sendo um produto que garante a renda de muitas famílias. Cujos amadurecimento acontece nos meses de abril a agosto e a polinização nos meses de setembro e outubro (Silva; Reis, 2009).

Existem evidências de que a distribuição geográfica da Araucária foi influenciada pelos povos que ali existiam, sendo uma importante fonte de alimento principalmente nos meses de inverno (Sá; Nodari; Gerhardt, 2023). Nos tempos atuais, Araucária ainda se relaciona com os povos que vivem nas áreas de Floresta Ombrófila Mista. Comunidades de extrativistas têm como principal fonte de renda a coleta de pinhão e comercialização deste produto (Silva; Reis, 2009). Com a criação de leis que proíbem o manejo de floresta com araucária, ocorreu uma desvalorização e perda de interesse pela espécie, dificultando ações que busquem a conservação associada a utilização da espécie (Hess, 2010).

A exploração da madeira da Araucária ocorreu durante quase um século, podendo ser dividida em 3 fases de exploração, a primeira de 1870 a 1910, onde a exploração era mais ligada a pequenas serrarias e utilização local. A segunda, denominada de exploração desenfreada, ocorre de 1910 até 1940, onde ocorreu o advento da empresa estadunidense *Southern Brazil Lumber and Colonization Company*, que tinha como objetivo a abertura da ferrovia São Paulo – Rio Grande do Sul, que iria possibilitar a colonização desta região, entretanto onde essa linha

férrea passou ocasionou uma exploração sem controle, em muitas regiões causando o esgotamento das matas de araucária presentes na paisagem. A terceira fase ocorre entre 1940 e 1970, ocorrendo o fim das grandes florestas de araucária, e substituição por outras espécies, em especial as árvores do gênero *Pinus*, possuindo uma madeira semelhante e maiores taxas de crescimento. Durante esta fase, as áreas de floresta de araucária agora devastadas, foram convertidas em plantios de *Pinus*, de outras espécies agrícolas e áreas de pastagem (Hess; Schneider; Finger, 2009; Carvalho; Nodari, 2010).

## 2.2 CRESCIMENTO DA ESPÉCIE *Araucaria angustifolia*

O crescimento de todo o ser vivo segue uma curva em formato sigmoide, caracterizada por três pontos: (i) ponto de inflexão, onde a curva muda de convexa para concava; (ii) ponto de máxima tangência, é o ponto de inflexão da curva do; e (iii) assíntota onde o crescimento tende a cessar até a senescência e morte da planta (Scolforo, 1998). O intervalo entre esses pontos define fases distintas da vida das plantas, do nascimento ao ponto de inflexão é a fase juvenil, em que a planta está se estabelecendo no ambiente; entre o ponto de inflexão e a máxima tangente temos a fase de maturidade, o máximo crescimento se encontra aqui, e a fase de senescência, em que a taxa de crescimento começa a diminuir até o ponto da assíntota (Machado; Zamin; Nascimento; Santos, 2014).

Um dos principais fatores influentes sobre o crescimento são variáveis meteorológicas como precipitação, temperatura, incidência solar, umidade, entre outras (Silva et al., 2023). As variações meteorológicas ao longo dos anos podem gerar cenários de favorecimento ou limitantes no crescimento, interferindo na disponibilidade de luz, água e nutrientes, fatores imprescindíveis para o bom desenvolvimento das plantas (Alvez, 2021). As variações meteorológicas atuam como limitantes em seus extremos, tanto a falta de água como o excesso de água pode dificultar o estabelecimento inicial e, conseqüentemente, o crescimento das árvores (Worbes, 1999). Entretanto, o crescimento inicial das plantas não está ligado apenas a características meteorológicas, mas também a fatores intrínsecos às espécies como suas características ecológicas e funcionais (Almeida; Soares; Castro; Vieira; Gajego, 2005). Um fator que pode explicar a não dependência das variações meteorológicas pode ser a espessa casca presente na araucária, que por sua vez protege a região cambial e diminui o efeito do clima na divisão celular (Machado; Figura; Silva; Nascimento; Quirino; Téó, 2010).

O crescimento de espécies arbóreas está diretamente ligado às características naturais do ambiente em que estão inseridas, como características físicas, químicas e biológicas do solo, incidência de vento, disponibilidade de luz, precipitação, em geral fatores associados ao clima. Características associadas ao relevo, como inclinação e elevação, e competição intraespecífica ou interespecífica, a soma desses fatores caracteriza o sítio ou qualidade de habitat (Prodan et al., 1997). Entender a dinâmica dos fatores influentes do sítio é de extrema importância, pois em sítios melhores o desenvolvimento tende a ser mais rápido e acentuado quando comparado a sítios de pior qualidade (BARTOSZECK, 2004). Koehler, Coraiola e Péllico Netto (2010) observaram esse efeito em plantios de araucária no estado do Paraná em diferentes sítios, onde nos sítios com melhores qualidades as árvores se desenvolveram melhor. Para o bom desenvolvimento da araucária um dos principais fatores limitantes é a profundidade do solo e a sua drenagem, com melhor crescimento da espécie em solos profundos e bem drenados (Carvalho, 1994).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental Florestal, pertencente ao *Campus* de Curitiba da Universidade Federal de Santa Catarina. As coordenadas da área de estudo são: -27.31, -50.71. O clima da microrregião do município de Curitiba é classificado segundo a classificação de Koeppen em Cfb (Alvares et al., 2013), temperado mesotérmico úmido e com verão ameno, com temperatura média anual de 16 a 17°C, precipitação média anual de 1.500 a 1.700 mm uniformemente distribuídas, sem estação seca e com presença de geadas severas e frequentes no inverno. A umidade relativa média do ar é de 80 a 82 % (EPAGRI, 2002). De acordo com a EMBRAPA (2004), o solo incidente na região de estudo é o Cambissolo Húmico Alumínico, que apresenta textura argilosa, sendo caracterizado como um solo raso, distrófico, amarelado com grandes teores de caulinita, portanto, sendo considerado pobre quimicamente e ácido. A vegetação predominante na região é a Floresta Ombrófila Mista também conhecida como Floresta de Araucárias, devido à grande ocorrência da espécie *Araucaria angustifolia* com presença de relevo ondulado e altitude que varia entre 900 e 1000 m acima do nível do mar (Vibrans; Sevegnani; Gasper; Lingner, 2013).

#### 3.2 COLETA DE DADOS

Dentro da área de estudo foram plantadas 90 mudas de *Araucaria angustifolia*, obtidas do trabalho de Souza *et. al.* (2024), divididas em cinco linhas com 18 plantas por linha, com espaçamento de 3 metros entre linha e 3 metros entre plantas. O plantio foi realizado em 14 de outubro de 2020 e a primeira medição foi no dia 30 de novembro de 2022, sendo remediado a cada três meses. Ao total foram realizadas oito medições. Em cada medição foram coletadas as seguintes variáveis dendrométricas: diâmetro de coleto (DAC) em centímetros, altura de fuste (HF) em metros, altura total (HT) em metros, número de verticilos (NV) e área de copa (AC) em metros quadrados. Para mensuração do diâmetro de coleto, utilizou-se um paquímetro analógico, para a altura de fuste e altura total foi utilizada uma trena graduada, até a altura de 2,2 metros. As árvores maiores (HT > 2,2 m) foram mensuradas com o Hipsômetro Vertex. Para mensuração da área de copa, foi coletado o diâmetro da copa em dois sentidos com auxílio de uma trena graduada, no sentido da linha e a 90°, calculando-se posteriormente a área circular



de projeção da copa a partir dos valores obtidos nas duas medições. Os equipamentos utilizados para as medições estão detalhados na Figura 1.

Figura 1 – (A) Medição de altura com hipsômetro; (B) Medição do diâmetro de copa; (C) Medição de altura de fuste com trena graduada; (D) Paquímetro, trena graduada e hipsômetro Vertex.



### 3.3 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO

Foram ajustados seis diferentes modelos para estimar as variáveis DAC, HT e AC em função da idade (meses), sendo três lineares e três não lineares (Tabela 1), ambos ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários. Para fins de seleção e comparação dos modelos, foi avaliada a significância dos coeficientes dos modelos a um nível de significância de 5%. Além disso, foi calculada a correlação dos dados reais com os dados preditos pelo modelo ao quadrado ( $R_{xy}$ ) a raiz da quadrada do erro médio (RMSE) para visando acessar a acurácia dos

modelos (Kershaw et al. 2017). Os pressupostos de regressão foram avaliados graficamente. A distribuição dos resíduos foi avaliada por meio de gráficos de histograma (normalidade) e dispersão (homogeneidade da variância). Além da análise gráfica foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para normalidade e o teste de Bartlett para avaliar a homogeneidade da variância dos resíduos, ambos com nível de significância de 5%.

Foi calculado o incremento corrente anual das variáveis avaliadas, onde para o primeiro ano de medição foi utilizada a média final menos a média inicial, gerando o ICA para o primeiro ano, e calculado o incremento corrente no intervalo de nove meses para o segundo ano de medição e extrapolado para 1 ano, gerando assim dois ICAs, o primeiro para o intervalo entre 25 e 37 meses, e o segundo para 37 a 49 meses extrapolado para 52 meses.

Tabela 1 – Modelos testados para estimar a evolução das variáveis dendrométricas em função da idade.

Natureza	Forma	Nome
Linear	$Y = \beta_0 + \beta_1 * x + \varepsilon$	Linear
Linear	$Y = \beta_0 + \beta_1 * x^2 + \varepsilon$	Quadrático
Linear	$Y = \beta_0 + \beta_1 * x + \beta_2 * x^2 + \varepsilon$	Polinomial
Não-Linear	$Y = \beta_0 * x^{\beta_1} + \varepsilon$	Potência
Não-Linear	$Y = \beta_0 + \beta_1 * \exp(-\beta_2 * x) + \varepsilon$	Exponencial
Não-Linear	$Y = \beta_0 * (1 - \exp(-\beta_1 * x^{\beta_2})) + \varepsilon$	Weibull

Y= Variável de interesse; x = Idade (meses);  $\beta_0, \beta_1$  e  $\beta_2$  = coeficientes a serem estimados;  $\varepsilon_i$  = erro aleatório.

### 3.4 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Os dados meteorológicos foram obtidos através da estação meteorológica do INMET instalada no Aeroporto Municipal Lauro Antônio da Costa, em Curitiba (INMET, 2024), localizado aproximadamente a 11 km da área de estudo, sendo a estação mais próxima na região. Os dados foram compilados de 1 de setembro de 2022, três meses antes da primeira medição, até 28 de setembro de 2024. A variação do clima no período das medições pode ser observada no climograma apresentado na Figura 2. Para correlacionar as variáveis meteorológicas com o crescimento, foi calculado a precipitação acumulada entre os intervalos de medição. Para as variáveis de temperatura máxima, mínima e média, foi calculada a média

por dia durante os intervalos de medição, conforme Tabela 2. Cabe destacar que as medições foram realizadas em diferentes estações climáticas ao longo do período de avaliação, com a primeira medição no verão e seguindo trimestralmente a cada estação. A definição do período e intervalo de medição teve como objetivo facilitar a compreensão temporal dos dados ao longo dos anos.

Figura 2 – Climograma com precipitação acumulada (barras) e temperatura média (linha) durante o período de avaliação.

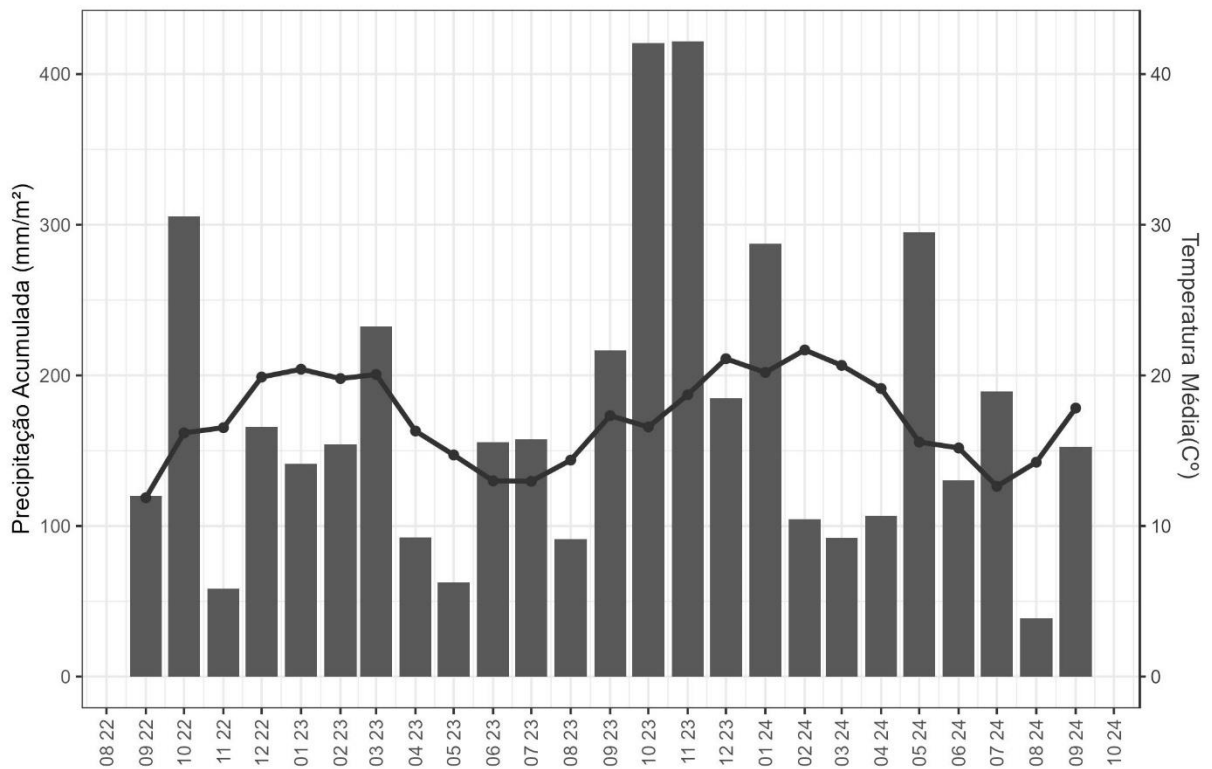


Tabela 2 – Variáveis meteorológicas obtidas para os intervalos de medição.

Medição	Mês/Ano	Precipitação acumulada (mm)	Temperatura média (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
M1	Dez/22	484,2	14,9	20,7	9,9
M2	Mar/23	552,4	20,0	26,6	15,8
M3	Jun/23	296,8	16,7	22,7	12,4
M4	Set/23	404,4	13,4	19,1	9,3
M5	Dez/23	1161,8	17,8	23,7	13,8
M6	Mar/24	534,0	21,0	27,3	16,8
M7	Jul/24	563,6	17,0	22,7	13,0
M8	Set/24	203,0	13,4	18,7	9,6

Para entender a influência das variáveis meteorológicas no crescimento, utilizou-se a média do crescimento das variáveis de interesse (DAC, HT e AC) durante os intervalos de medição, com aproximadamente três meses, sendo calculado pela equação (1), obtendo-se o crescimento em cada intervalo de medição. Com esses dados, calculou-se a correlação entre o crescimento e as variáveis meteorológicas locais. Em seguida, foi avaliado o crescimento obtido para cada intervalo de medição, coincidente com as estações do ano, visando analisar sua variação temporal.

$$\Delta C = \frac{\sum(Y_i - Y_{i-1})}{N} \quad (1)$$

Onde:  $\Delta C$ = Crescimento trimestral;  $Y_i$ = Variável de interesse na medição  $i$ ;  $Y_{i-1}$ = Variável de interesse na medição anterior;  $N$  = Número de observações.

### 3.5 ANÁLISE DOS DADOS

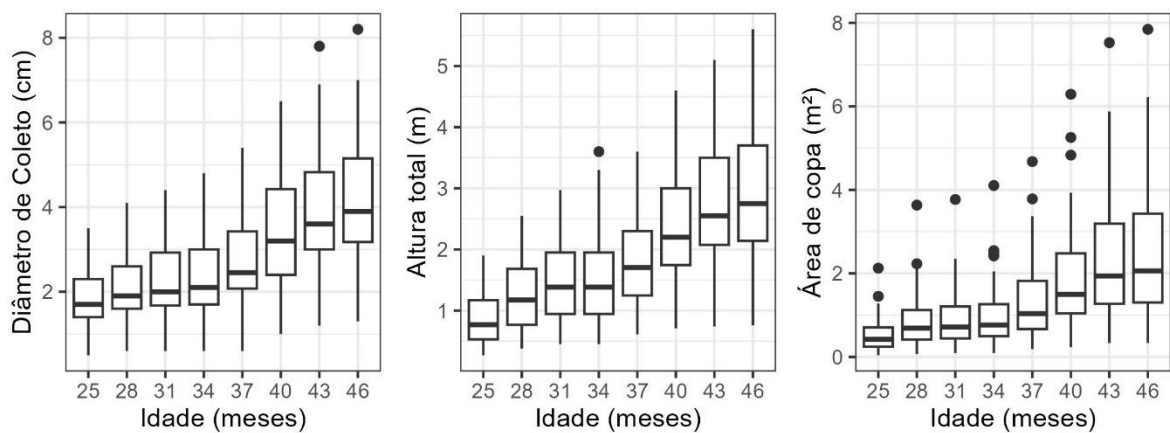
Para o presente estudo, foram excluídas todas as mudas mortas na primeira medição. Primeiramente, foi realizada a análise exploratória de dados para avaliar as tendências de crescimento das variáveis por meio de gráficos boxplots. Em seguida, as variáveis meteorológicas (média ou somatório) foram sincronizadas com os períodos de medição. A organização e digitação dos dados foram feitas no software Excel, as análises gráficas e estatísticas foram realizadas no software R versão 4.3.2 (R CORE TEAM, 2023), com auxílio da interface Rstudio e dos pacotes *ggplot2*, *minpack.lm*, *tidyverse* e *lubridate*.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CRESCIMENTO DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS

Com a análise exploratória (Figura 3), observa-se o aumento contínuo das três variáveis de interesse, com padrão evidente de crescimento. Nas quatro primeiras medições, a tendência de crescimento foi menor quando comparada às demais medições. Para os dados de DAC, foi encontrado ICA de 0,87 cm/ano e 1,89 cm/ano, para 2 e 3 anos de idade, respectivamente. O ICA para HT foi de 0,91 m/ano e 1,53 m/ano e para AC 0,78 m<sup>2</sup>/ano e 1,54 m<sup>2</sup>/ano. No trabalho de Didiné (2014), no mesmo município do presente estudo, foi encontrado um IMA para *A. angustifolia* de 0,13 cm/ano para o diâmetro altura do peito (DAP), para a idade de 3 anos, sendo inferior ao encontrado no presente estudo. Zanon (2007), observou um IMA de 0,24 cm/ano para o diâmetro de araucárias entre 40 e 60 anos, valores abaixo do encontrado para os povoamentos jovens do presente estudo. Machado et al. (2014) observaram um IMA de 1,97 cm/ano para o diâmetro de araucária jovens em plantios de 3 x 3 metros como o do presente estudo. Duarte et al. (2012) observou um IMA médio para altura de 0,37 m/ano para diferentes progênies aos 4 anos de idade. Segundo Carvalho (2003), a espécie pode atingir um crescimento de 1 metro por ano para sítios adequados, fornecendo indícios que o local do presente estudo é adequado para o cultivo da espécie.

Figura 3 – Evolução do Diâmetro de coleto, Altura total e Área de copa em função da idade do povoamento.



Após o ajuste de todos os modelos para o DAC, apenas os modelos linear, quadrático e de potência apresentaram coeficientes significativos e quando avaliados os estimadores de eficiência e acurácia, observa-se que o modelo quadrático apresenta melhores resultados, tendo um  $R_{xy}$  de 0,36, sendo um dos maiores encontrados, um RMSE de 1,06 cm, sendo um dos menores, e o menor AIC de 1799,67. Dentre os modelos ajustados para HT, os que obtiveram coeficientes significativos foram o linear, e o de potência, sendo que o linear apresentou melhor  $R_{xy}$  de 0,44, RMSE de 0,76 m e menor AIC de 1397,82. Para a AC, apenas dois modelos tiveram coeficientes significativos, o linear e o quadrático, sendo o último o que apresentou os melhores resultados para  $R_{xy}$ , RMSE e AIC, sendo 0,31, 0,99 m<sup>2</sup> e 1731,81, respectivamente. As estatísticas de ajuste de todos os modelos são apresentadas na Tabela 3. Todos os modelos selecionados atenderam os pressupostos da regressão por meio de análise gráfica que pode ser observada em anexo (Figuras S1, S2 e S3). Em conjunto com a análise gráfica, os testes estatísticos realizados mostraram que para todos os modelos foi atendido os pressupostos de normalidade, entretanto a homogeneidade da variância ( $\alpha < 0,05$ ), não foi atendida.

Hess et al. (2009), em três locais diferentes do estado do Rio Grande do Sul observaram que modelos de crescimento biológicos apresentam bons ajustes para *A. angustifolia*, entretanto, para uma série de dados mais ampla derivada de análise de tronco, que fornece informação de todas as fases do crescimento. Topanotti et al. (2019) em seu trabalho para araucária com início das medições a 1 ano de idade e mensurado semestralmente, no estado do Paraná, observaram que o modelo que obteve melhor ajuste entre os testados foi o logístico, tanto para o diâmetro de coleto quanto para a altura total e área de copa. No entanto, esse modelo não foi testado no presente estudo.

Tabela 3 – Modelos ajustados para as variáveis dendrométricas, seus coeficientes e valores de eficiência e acurácia.

Variável	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$R_{xy}$	RMSE	AIC
DAC	Linear	-1,2022*	0,1135*	-	0,3480	1,0683	1.811,78
	Polinomial	3,2555 $ns$	-0,1474 $ns$	0,0037*	0,3611	1,0575	1.801,42
	<b>Quadrático</b>	<b>0,7185*</b>	<b>0,0016*</b>	-	<b>0,3570</b>	<b>1,0610</b>	<b>1.799,67</b>
	Potência	0,0137*	1,4894*	-	0,3475	1,0642	1.807,16
	Exponencial	91,57 $ns$	-92,85 $ns$	0,0013 $ns$	0,3480	1,0687	1.814,27
	Weibull	222,1 $ns$	0,00006 $ns$	1,499*	0,3530	1,0643	1.809,24
HT	<b>Linear</b>	<b>-1,6694*</b>	<b>0,0991*</b>	-	<b>0,4457</b>	<b>0,7601</b>	<b>1.397,82</b>
	Polinomial	0,5304 $ns$	-0,0296 $ns$	0,0018*	0,4510	0,7564	1.393,91
	Quadrático	0,0206 $ns$	0,0014*	-	0,4507	0,7566	1.392,22
	Potência	0,0015*	1,9871*	-	0,4507	0,7566	1.402,95
	Exponencial	55,93 $ns$	-57,7 $ns$	0,0018 $ns$	0,4451	0,7604	1.400,25
	Weibull	105,6 $ns$	0,000013 $ns$	2,006*	0,4507	0,7566	1.394,29
AC	Linear	-2,0405*	0,0968*	-	0,3047	1,0049	1.737,41
	Polinomial	1,463 $ns$	-0,1083 $ns$	0,0029*	0,3144	0,9978	1.730,81
	<b>Quadrático</b>	<b>-0,0401*</b>	<b>0,0014*</b>	-	<b>0,3112</b>	<b>0,9998</b>	<b>1.731,20</b>
	Potência	0,0004 $ns$	2,2752*	-	0,3128	1,0026	1.741,82
	Exponencial	69,4 $ns$	-71,5 $ns$	0,0014 $ns$	0,3042	1,0053	1.739,67
	Weibull	74,33 $ns$	0,0000011 $ns$	2,702*	0,3138	0,9983	1.731,40

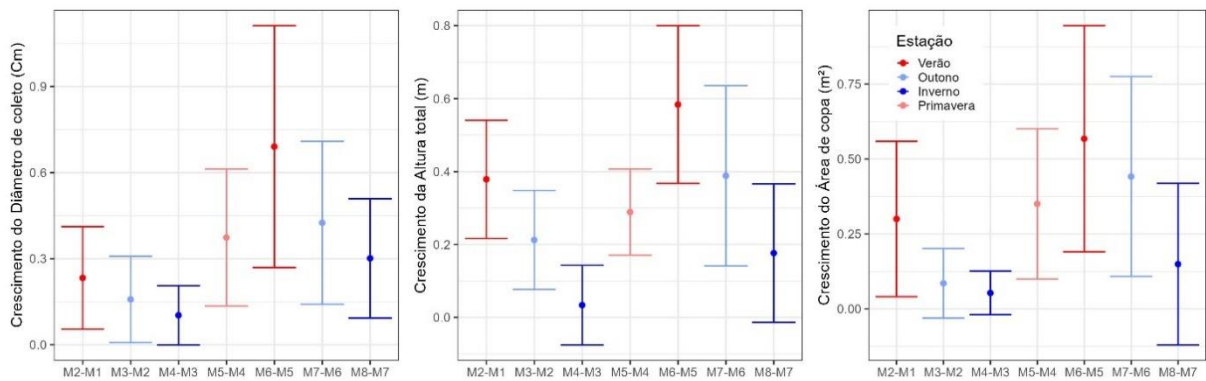
Em negrito são os modelos selecionados para cada uma das variáveis, \* são os coeficientes significativos a 5%, e  $ns$  são os não significativos.

#### 4.2 INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NO CRESCIMENTO

O comportamento do crescimento variou ao longo das estações do ano, onde nas estações frias (outono, inverno) houve uma redução na taxa de crescimento em comparação aos meses quentes (primavera, verão), onde as taxas de crescimento aumentam. No trabalho de Figueiredo Filho et al. (2003), onde foi avaliado o crescimento com uma cinta dendrométrica para algumas espécies da Floresta Ombrófila Mista, incluindo *A. angustifolia*, foi reportado que no período do verão ocorre o maior crescimento seguido pela primavera, outono e inverno. O mesmo comportamento encontrado neste trabalho. É possível acompanhar essa tendência ao longo de todo o período observado e nas estações com múltiplas medições, o crescimento aumenta ao longo do tempo, como pode ser observado na Figura 4. Zanon (2007) em estudo sobre o crescimento de araucária num período de 3 anos, com auxílio de cinta dendrométrica,

observou comportamento semelhante, onde nos meses quentes o incremento em DAP foi mais acentuado, diminuindo nos meses frios, resultados que corroboram os do presente trabalho.

Figura 4 – Variação do crescimento das variáveis dendrométricas ao longo das diferentes estações do ano.



Os pontos representam as médias e as barras os desvios padrão de cada variável analisada.

O maior crescimento médio em todas as variáveis foi observado no intervalo entre a medição 6 e 5, que corresponde ao segundo verão de medição, onde o crescimento médio foi de 0,69 cm, 0,58 m e 0,59 m<sup>2</sup> para DAC, HT e AC, respectivamente. Os menores valores de crescimento de DAC e HT foram observados entre as medições 4 e 3, correspondente ao primeiro inverno de medição, onde foi encontrado para DAC o valor de 0,10 cm, de 0,03 m para HT e 0,05 m<sup>2</sup> para AC, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Variáveis meteorológicas e crescimento médio das variáveis dendrométricas nos intervalos de medição

Medição	P (mm)	T(°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	ΔDAC (cm)	ΔHT (m)	ΔAC (m <sup>2</sup> )
M2-M1	552,40	20,02	26,55	15,76	0,23	0,38	0,30
M3-M2	296,80	16,68	22,73	12,43	0,16	0,21	0,09
M4-M3	404,40	13,43	19,08	9,29	0,10	0,03	0,05
M5-M4	1161,80	17,76	23,66	13,76	0,37	0,29	0,35
M6-M5	534,00	20,95	27,28	16,76	0,69	0,58	0,57
M7-M6	563,60	17,05	22,65	13,02	0,43	0,39	0,44
M8-M7	203,00	13,37	18,69	9,57	0,30	0,18	0,15

P= Precipitação acumulada, em milímetros; T, Tmax, Tmin, são as temperaturas médias, máximas e mínimas em graus Celsius, respectivamente; ΔDAC= crescimento do DAC, em centímetros; ΔHT= crescimento da altura total, em metros; ΔAC = crescimento da área de copa, em metros quadrados.



As correlações mais fortes encontradas foram entre crescimento e as variáveis de temperatura (média, máxima e mínima). As correlações foram mais substanciais para HT, onde a correlação mais forte observada foi entre HT e Tmin (0,9091, Tabela 5), mostrando que na medida que em que a temperatura mínima aumente aumenta o crescimento em HT. A precipitação por sua vez não apresentou correlações estatisticamente significativas com o crescimento das variáveis dendrométricas. Esse resultado pode ter relação com as chuvas bem distribuídas entre as estações do ano, características do clima tipo Cfb (Alvares et al., 2013). Ao contrário do presente estudo, Rocha et al. (2023) observaram que a precipitação foi um dos fatores mais relevantes para o crescimento em altura de seis espécies da Mata Atlântica em Minas Gerais, sob clima mais quente e seco. Um fator que pode estar relacionado à baixa correlação entre as variáveis é que na fase inicial o crescimento é conduzido pelo ritmo endógeno de crescimento de cada espécie, uma vez que as variações meteorológicas não são fortes o suficiente para provocar modificações no crescimento (LUZ, 2011).

Tabela 5 – Correlação entre as variáveis meteorológicas e o crescimento em DAC, HT e AC.

	<b>P</b>	<b>T</b>	<b>Tmax</b>	<b>Tmin</b>	<b>ΔDAC</b>	<b>ΔHT</b>	<b>ΔAC</b>
P	<b>1,0000</b>	0,4178	0,4006	0,4318	0,2950	0,2827	0,5709
T	0,3510	<b>1,0000</b>	0,9980	0,9989	0,6198	0,8952	0,7649
Tmax	0,3731	0,0000	<b>1,0000</b>	0,9944	0,5779	0,8698	0,7302
Tmin	0,3333	0,0000	0,0000	<b>1,0000</b>	0,6462	0,9091	0,7858
ΔDAC	0,5207	0,1370	0,1742	0,1168	<b>1,0000</b>	0,8681	0,8977
ΔHT	0,5390	0,0065*	0,1090	0,0046*	0,0113	<b>1,0000</b>	0,8846
ΔAC	0,1807	0,0451*	0,0624	0,0362*	0,0061	0,0082	<b>1,0000</b>

P = Precipitação (mm), T = Temperatura média (°C), Tmax = Temperatura máxima (°C), Tmin = Temperatura mínima (°C), ΔDAC = Crescimento em diâmetro de coleto (cm), ΔHT = Crescimento em Altura total (m), ΔAC = Crescimento em área de copa (m<sup>2</sup>), asterisco (\*) para valores-p estatisticamente significativo. Acima da diagonal em negrito estão os valores de correlação e abaixo os P-valor do teste de correlação.

## 5 CONCLUSÃO

Foi possível observar que os modelos quadrático e linear apresentaram melhor ajuste comparado aos demais modelos testados, onde o modelo quadrático foi mais acurado para o crescimento de DAC e AC e o linear para HT. No entanto o uso desses modelos requer cautela, por conta das tendências de heterocedasticidade dos resíduos. Devido ao plantio ser jovem e não captar toda a série de crescimento da espécie, esses modelos mais simples se mostraram mais adequados que os modelos biológicos.

O crescimento inicial da araucária ocorre de maneira mais expressiva nos meses quentes do ano (verão e primavera) tendendo a diminuir nos meses frios (inverno e outono), devido as menores temperaturas mínimas observadas nesses meses. A temperatura mínima mostrou maior correlação com o crescimento em altura total e área de copa, mostrando a importância dessa variável meteorológica para o crescimento desta espécie.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Silvia Mara Zanela; SOARES, Angela Maria; CASTRO, Evaristo Mauro de; VIEIRA, Carlos Vinício; GAJEGO, Evandro Bordignon. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 35, n. 1, p. 62-68, fev. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782005000100010>.
- ALVARES CA, STAPE JL, SENTELHAS PC, MORAES G, LEONARDO J, SPAROVEK G (2013) **Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil**. Meteorol Zeitschrift 22:711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ALVES, Patrícia Borges. **Relação entre atividades de copa e cambial de clones de Eucalyptus spp. em diferentes densidades de plantio**. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-10112021-104250/>. Acesso em: 21 out. 2024.
- ANAIS DO SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA AMBIENTAL E MIGRAÇÕES, 2010, Florianópolis. **As fases da exploração madeireira na floresta com araucária e os progressivos avanços da indústria madeireira sobre as florestas primárias (1870-1970)**. Florianópolis: Ufsc, 2010.
- ASSMANN, Ernst. **Principles of forest yield study**. New York: Pergamon Press, 1970. 506 p.
- BARTOSZECK, Alexandra Consuelo de Plácido e Silva; MACHADO, Sebastião do Amaral; FIGUEIREDO FILHO, Afonso; OLIVEIRA, Edilson Batista. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracinga da Região Metropolitana de Curitiba, PR. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 28, n. 4, p. 517-533, ago. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622004000400006>.
- BRANCALION, P. H., NIAMIR, A., BROADBENT, E., CROUZEILLES, R., BARROS, F. S., ALMEYDA ZAMBRANO, A. M., BACCINI, A., ARONSON, J., GOETZ, S., REID, J. L., STRASSBURG, B. B. N., WILSON, S., & CHAZDON, R. L. (2019). Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science Advances**, 5(7), eaav3223. PMID:31281881. <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.aav3223>.
- CASTIGLIONI, J. A. Descripción botánica, forestal y tecnológica de las principales especies indígenas de la Argentina. In: COZZO, D. **Arboles forestales, maderas y silvicultura de la Argentina**. Buenos Aires: Acme, 1975. p. 38-60. (Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, 2).
- CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. **Espécies Arbóreas Brasileiras: pinheiro-do-paraná - araucaria angustifolia**. Brasília: Embrapa, 2003. 801 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/231760/1/Especies-Arboreas-Brasileiras-vol-1-Pinheiro-do-Parana.pdf>. Acesso em: 03 out. 2024.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CYSNEIROS, Vinicius Costa; SCIPIONI, Marcelo Callegari; ALLEN, Craig D. Modeling bark thickness and probability of trunk cavity occurrence relative to tree size in *Araucaria angustifolia* trees. **Trees**, [S.L.], v. 38, n. 4, p. 1013-1022, 13 jun. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-024-02531-8>.

DIDONÉ, Ciro Leandro Salvadori. **Crescimento inicial de *Araucaria angustifolia* estabelecidas em Curitiba, SC: uma análise do potencial produtivo**. 2015. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2015.

DUARTE, Roberta Inácia; SILVA, Fernando André Loch Santos da; SCHULTZ, Juliano; SILVA, Juliano Zago da; REIS, Maurício Sedrez dos. Características de Desenvolvimento Inicial em Teste de Progênie de uma População de Araucária na Flona de Três Barras-SC. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 114-123, ago. 2012.

EMBRAPA. SOLOS DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Rio de Janeiro: Embrapa Solo, 2004. 712 p. Disponível em: <file:///C:/Users/Micro/Downloads/BPD-46-2004-Santa-Catarina-.pdf>. Acesso em: 24 maio 2023.

FIGUEIREDO FILHO A, HUBIE SR, SCHAAF LB, FIGUEIREDO DJ, SANQUETTA CR. Análise do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais** 5(1): 69-84, 2003.

GASPER, André Luís de *et al.* Flora Vascular da Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. In: VIBRANS, Alexander Chistian *et al.* **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: floresta ombrófila mista**. Blumenau: Edifurb, 2013. Cap. 4. p. 131-141.

HESS, André Felipe et al. Proposta de manejo de *Araucaria angustifolia* utilizando o quociente de Liocourt e análise de incremento, em propriedade rural no Município de Lages, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p.337-345, dez. 2010.

HESS, André Felipe; SCHNEIDER, Paulo Renato; FINGER, César Augusto Guimarães. Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em função da idade, em três regiões do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 7-22, 30 mar. 2009. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/19805098415>.

KOEHLER, Alexandre Bernardi; CORAIOLA, Marcio; NETTO, Sylvio Péllico. Crescimento, tendências de distribuição das variáveis biométricas e relação hipsométrica em plantios jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Ktze., em Tijucas do Sul, PR. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 53-62, mar. 2010.

LUZ, Ana Luísa de Oliveira Moreira da. **Análise da formação dos anéis de crescimento anual das árvores ao longo dum ciclo de actividade cambial**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

MACHADO, Sebastião do Amaral; FIGURA, Marco Aurélio; SILVA, Luís César Rodrigues da; NASCIMENTO, Rodrigo Geroni Mendes; QUIRINO, Sandra Mara dos Santos; TÊO, Saulo Jorge. Dinâmica de crescimento de plantios jovens de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S.L.], v. 30, n. 62, p. 165-170, 28 out. 2010. Embrapa Florestas. <http://dx.doi.org/10.4336/2010.pfb.30.62.165>.

MACHADO, Sebastião do Amaral; ZAMIN, Naiara Teodoro; NASCIMENTO, Rodrigo Geroni Mendes; SANTOS, Angelo Alberto Pacheco dos. Efeito de Variáveis Climáticas no Crescimento Mensal de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* em Fase Juvenil. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 170-181, 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.015>.

MAESTRI R. **Modelo de crescimento e produção para povoamentos clonais de *Eucalyptus grandis* considerando variáveis ambientais** [tese]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2003.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R.; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis**: Epagri, 2002. CD-ROM.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. 1997. **Mensura Forestal**. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH, 561p.

SILVA, VF, ROCHA, TA, MARTINS, SV, FAUSTINO, IS, JACOBINE, LAG, ALBUQUERQUE, TP, OLIVEIRA, K., & ROCHA, SJSS (2023). Influência de variáveis meteorológicas no crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas em plantios de restauração vegetal. **Scientia Forestalis**, 51, e3952. <https://doi.org/10.18671/scifor.v51.13>

SÁ, Débora Nunes de; NODARI, Eunice Sueli; GERHARDT, Marcos. COLONIZAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DE PAISAGENS NA FLORESTA COM ARAUCÁRIAS NO SÉCULO XX. **Estudos Históricos (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 36, n. 80, p. 518-541, dez. 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s2178-149420230309>.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM. 1993. 348 p.

SCIPIONI, M.C., DOBNER, M., LONGHI, S.J., VIBRANS, A.C., SCHNEIDER, P.R., 2019. The last giant araucaria trees in southern Brazil. **Sci. Agríc.** 76, 220–226. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0264>.

SOUZA, T., DOBNER, M., DA SILVA, L.J.R. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi and soil nematodes influence the root colonisation of *Araucaria angustifolia* and its nutrient uptake. **Biologia** 79, 739–751, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11756-024-01607-7>

TOPANOTTI, Larissa Regina; GERBER, Dionatan; STOLARSKI, Oiliam Carlos; TRENTIN, Bruna Elisa; PERTILLE, Carla Talita; SCHORR, Luís Paulo Baldissera; GORENSTEIN, Maurício Romero; NICOLETTI, Marcos Felipe; BECHARA, Fernando Campanhã. Initial growth performance of valuable timber species in southern Brazil: *Araucaria angustifolia*, *Balfourodendron riedelianum*, and *Parapiptadenia rígida*. **Revista**

Árvore, [S.L.], v. 43, n. 4, p. 10-15, set. 2019. FapUNIFESP (SciELO).  
<http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882019000400004>.

VIBRANS, Alexander Christian; SEVEGNANI, Lucia; GASPER, André Luís de; LINGNER, Débora Vanessa. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**: volume iii - floresta ombrófila mista. Blumenau: Edifurb, 2013. 435 p. Disponível em:  
[file:///C:/Users/Micro/Downloads/IFFSC\\_Volume\\_3.pdf](file:///C:/Users/Micro/Downloads/IFFSC_Volume_3.pdf). Acesso em: 24 maio 2023.

VIEIRA-DA-SILVA, Camila; REIS, Maurício Sedrez dos. Produção de pinhão na região de Caçador, SC: aspectos da obtenção e sua importância para comunidades locais. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 363-374, 30 dez. 2009. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/19805098892>. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/cflo/a/V8LsvGg38bpkYv5Lx3KQ3FB/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 03 out. 2024.

WORBES, Martin. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. **Journal of Ecology**, [S.L.], v. 87, n. 3, p. 391-403, jun. 1999. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2745.1999.00361.x>.

## ANEXO A – ANÁLISE GRÁFICA DOS RESÍDUOS DOS MODELOS DE CRESCIMENTO SELECIONADOS

Figura A1 – Análise gráfica para verificação da normalidade e homocedasticidade dos resíduos do modelo quadrático para DAC.

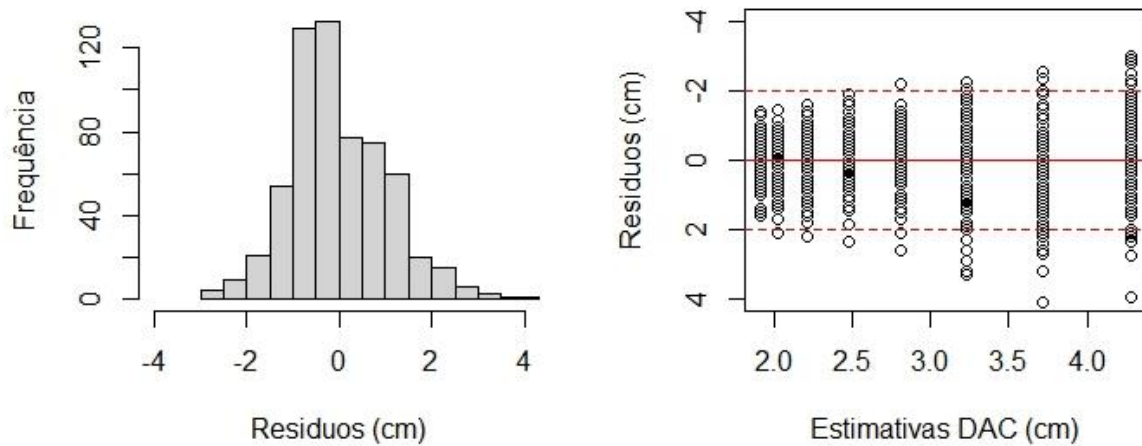


Figura A2 – Análise Gráfica para Verificação da normalidade e homocedasticidade dos resíduos do modelo linear para HT.

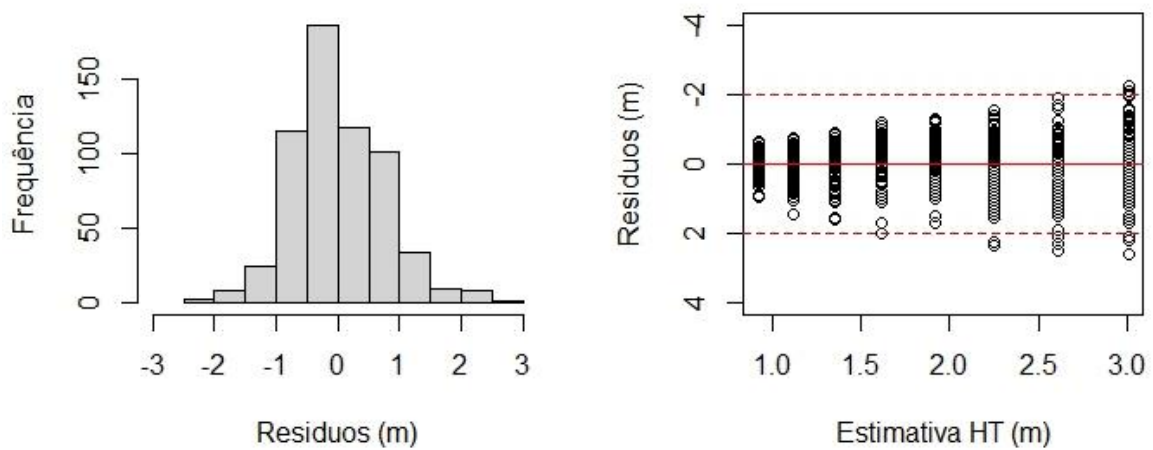


Figura A3 – Análise gráfica para verificação da normalidade e homocedasticidade dos resíduos do modelo quadrático para AC.

