

MORFOMETRIA DE *Pinus taeda* L. SUBMETIDOS A DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTES¹

MORPHOMETRY OF *Pinus taeda* L. SUBMITTED TO DIFFERENT INTENSITIES OF CUTTING¹

Girlene da Silva CRUZ^{2,6}; Marcos Felipe NICOLETTI³; Mário DOBNER JUNIOR⁴; Bruno Rafael Silva de ALMEIDA⁵; Bruno de Almeida LIMA⁵

RESUMO - O objetivo deste estudo foi avaliar as características morfométricas e modelar os principais índices morfométricos de um povoamento de *P. taeda*, submetido a diferentes regimes de desbastes. Foram coletadas informações de diâmetro à altura do peito (dap), altura total (h) e altura de inserção de copa (hic) e raios de copa (N-S, L-O) de 252 árvores pertencentes a nove tratamentos (T0: sem desbaste, T1: desbaste fraco, T2: fraco/médio, T3: médio, T4: médio/médio, T5: médio/forte T6: sistemático, T7: forte, T8: extremo). Posteriormente, foram calculados os índices morfométricos de área de copa (AC), diâmetro de copa (DC), comprimento de copa (CC), proporção de copa (PC), grau de esbeltez (GE), índice de saliência (IS), índice de abrangência (IA) e formal de copa (FC). Para a modelagem dos índices morfométricos foram ajustados oito modelos matemáticos para estimar a variável DC, e para os demais índices foi realizado a modelagem pelo método *Stepwise*. Os critérios de seleção da melhor equação foram o R^2_{aj} , $Sy.x\%$, significância dos coeficientes e análise gráfica dos resíduos. Foi realizada a correlação entre os índices morfométricos por Pearson a 95% de probabilidade. De maneira geral, as aplicações dos desbastes favoreceram o crescimento da copa das árvores com crescimento gradativo a medida que se intensificava o desbaste, sendo que o extremo apresentou área de copa média quatro vezes maior que os demais, influenciando diretamente no DAP médio e nos índices de diâmetro de copa e grau de esbeltez. As equações deste estudo podem ser utilizadas para estimar as variáveis de grau de esbeltez.

Palavras-chave: Índices morfométricos; Modelagem; Variáveis de copa.

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the morphometric characteristics and to model the main morphometric indices of a *P. taeda* stand, submitted to different thinning regimes. Circumference information was collected at diametric height (dap), total height (h) and crown insertion height (hic) and crown radius (N, S, L, O) from 252 trees belonging to nine treatments (T0: no thinning, T1: weak thinning, T2: weak / medium, T3: medium, T4: medium / medium, T5: medium / strong T6: systematic, T7: strong, T8: extreme). Subsequently, the morphometric indices of crown diameter (DC), crown length (CC), crown proportion (PC), degree of slimness (GE), salience index (S), coverage index (IA) and formal crown (FC) were calculated. For the modeling of the morphometric indices, eight mathematical models were adjusted to estimate the DC variable, and for the other indices, modeling by the Stepwise method was performed. The selection criteria for the best equation were R^2_{aj} , $Sy.x\%$, significance of the coefficients and graphical analysis of the residuals. Pearson's morphometric indices were correlated at 95% probability. In general, the thinning applications favored the growth of the canopy of trees with gradual growth as the thinning intensified, and the extreme showed an average four times higher than the others, directly influencing the average DAP and the diameter indexes of crown and degree of slimness. The equations in this study can be used to estimate the degree of slimness variables.

Keywords: Morphometric indices; Modeling; Cup variables.

¹ Recebido para análise em 02.01.2024. Aceito para publicação em 04.09.2024. Publicado em 21.11.2024.

² Universidade Federal do Paraná, Avenida Prefeito Lothário Meissner 623, Jardim Botânico, 80210-170, Curitiba, PR, Brasil.

³ Universidade do Estado de Santa Catarina, Avenida Luiz de Camões 2090, Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC, Brasil.

⁴ Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia Ulysses Gaboardi 3000, 89520-000, Curitibanos, SC, Brasil.

⁵ Universidade Estadual do Centro Oeste, Rua Professora Maria Roza Zanon de Almeida, Engenheiro Gutierrez, Irati, PR, Brasil.

⁶ Autor para correspondência: Girlene da Silva Cruz - girlene.lenecruz@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve um aumento na demanda por matéria prima de qualidade para o abastecimento da indústria madeireira, fazendo com que houvesse uma valorização das florestas bem manejadas, além de buscar técnicas para o aumento de produtividade dos povoamentos, visando agregar valor à madeira. Dentre as práticas silviculturais, os desbastes e espaçamentos exercem efeitos importantes na qualidade da madeira (Weber et al., 2013; Kohler et al., 2015; Cavalheiro et al., 2023).

Os desbastes diminuem a competição por luz, água e nutrientes entre os indivíduos remanescentes. Proporcionam mais espaço para a expansão da copa e, conseqüentemente, do diâmetro dos indivíduos remanescentes dependendo da sua intensidade (Dionísio et al., 2018). O espaço disponível para o desenvolvimento da planta influencia diretamente nas suas características morfológicas, pois, em espaçamentos menos adensados, os indivíduos podem apresentar grande área de copa devido à baixa competição por espaço (Leite et al., 2006).

O estudo da morfometria permite analisar as relações interdimensionais, reconstituir o espaço ocupado por cada árvore, julgar a concorrência a que está submetida, além de permitir realizar inferências sobre a estabilidade, vitalidade e produtividade de cada indivíduo (Durlo e Denardi, 1998; Durlo, 2001). Os índices morfométricos são calculados a partir de variáveis coletadas em campo e determinam o grau de concorrência do povoamento (Klein, 2017; Dionísio et al., 2018).

Os principais índices morfométricos analisados na literatura são o comprimento de copa, que é obtido através da diferença entre a altura total e a altura comercial; o grau de esbeltez, que corresponde ao grau de estabilidade da árvore; a área de projeção de copa, que é a superfície coberta pela projeção vertical da copa, permitindo conhecer o espaço ocupado pela árvore; o índice de saliência, obtido através da relação do diâmetro de copa e diâmetro a altura do peito (DAP); o formal de copa, que é a relação entre o diâmetro de copa e a altura da mesma e explica a produtividade da árvore e; a porcentagem de copa, o qual é um indicador de vitalidade, pois quanto maior, mais produtivo e vital é o indivíduo (Durlo e Denardi, 1998; Durlo, 2001; Durlo et al., 2004; Tonini e

Arco-Verde, 2005; Costa, 2011; Oliveira et al., 2018).

Os índices morfométricos podem auxiliar o manejador a tomar decisões a respeito da competição entre os indivíduos, podendo prever o espaçamento ideal para a espécie e a idade ideal para a realização de desbastes e demais tratamentos silviculturais (Oliveira et al., 2018). Considerando o exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar as características morfológicas e modelar os principais índices morfométricos de um povoamento de *P. taeda*, submetido a diferentes regimes de desbastes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

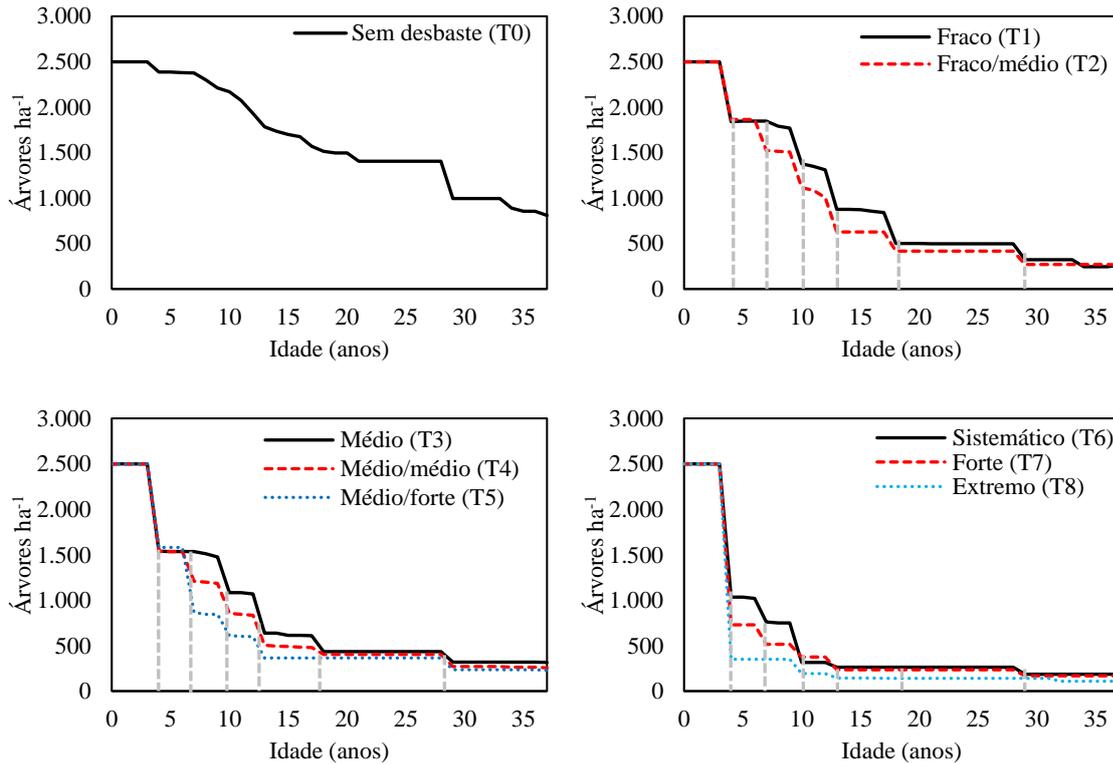
2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em um povoamento de *Pinus taeda* com 37 anos de idade, localizado no município de Campo Belo do Sul/SC, Brasil. A região apresenta altitude variando entre 950 a 1.100 m e o clima é classificado como Cfb de acordo com a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). A tipologia florestal predominante na região é Floresta Ombrófila Mista Montana com predominância das espécies *Araucaria angustifolia*, *Myrcianthes pungens*, *Matayba elaeagnoides* (SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SFB, 2013).

2.2 Descrição do experimento

O experimento foi instalado em 1986, formado por 18 parcelas de 2.000 m², sendo 1.000 m² de área útil, em que foram testados nove tratamentos com duas repetições, sendo o sem desbaste (T0), desbaste fraco (T1); desbaste fraco/médio (T2), desbaste médio (T3), desbaste médio/médio (T4), desbaste médio/forte (T5), desbaste sistemático (T6), desbaste forte (T7) e desbaste extremo (T8).

Todos os povoamentos apresentaram densidade inicial de 2.500 árvores ha⁻¹, porém, aos 4 anos de idade foi verificado que alguns indivíduos morreram, ficando assim uma densidade média de 2.400 árvores ha⁻¹. Em cada povoamento foram selecionadas 400 árvores potenciais ha⁻¹, que foram liberadas de nenhuma, uma, duas, ou todas as concorrentes diretas (Figura 1).



Em que: linha vertical pontilhada demonstra a idade em que foi realizado a intervenção no povoamento.

Em que: T0: sem desbaste; T1: desbaste fraco; T2: desbaste fraco/médio; T3: desbaste médio; T4: desbaste médio/médio; T5: desbaste médio/forte; T6: desbaste sistemático; T7: desbaste forte; T8: desbaste extremo.

Where: dotted vertical line shows the age at which the intervention was carried out in the stand.

Where: T0: no thinning; T1: weak thinning; T2: weak/medium thinning; T3: medium thinning; T4: medium/medium thinning; T5: medium/strong thinning; T6: systematic thinning; T7: strong thinning; T8: extreme thinning.

Figura 1. Evolução do número de árvores ha⁻¹ para o *P. taeda* submetidos a diferentes intensidades de desbastes.

Figure 1. Evolution of the number of trees ha⁻¹ for *P. taeda* subjected to different thinning intensities.

2.3 Coleta de dados

Foram amostradas 252 árvores, pertencentes a nove tratamentos. Coletando-se informações de cada indivíduo de diâmetro a 1,30 m do solo (DAP cm), altura total (h), altura de inserção de copa (hic) e raio de copa (rc), considerando quatro raios no sentido norte (N), sul (S), leste (L) e oeste (O), em metros.

Posteriormente, as variáveis dendrométricas foram utilizadas para calcular os índices morfométricos de diâmetro de copa (dc), comprimento de copa (cc), área de projeção de copa (ac), porcentagem de copa (pc), grau de esbeltez (ge), índice de saliência (is), índice de abrangência (ia) e formal de copa (fc), conforme descritos a seguir (Equações 1 a 8).

$$dc = 2 * rc \quad \text{Eq. 1}$$

Em que, dc: diâmetro de copa, em m; rc: raio de copa, em m.

$$cc = h - hic \quad \text{Eq. 2}$$

Em que, cc: comprimento de copa, em m; h: altura total, em m; hic: altura de inserção de copa, em m.

$$ac = \left(\frac{dc^2 * \pi}{4} \right) \quad \text{Eq. 3}$$

Em que, ac: área de projeção de copa; dc: diâmetro de copa, em m; π : 3,14...

$$pc = \frac{cc}{h} * 100 \quad \text{Eq. 4}$$

Em que, pc: proporção de copa; cc: comprimento de copa, em m; h: altura total, em m.

$$ge = \frac{h}{dap} \quad \text{Eq. 5}$$

Em que, ge: grau de esbeltez; h: altura total, em m; dap: diâmetro à altura do peito, em cm.

$$is = \frac{dc}{dap} \quad \text{Eq. 6}$$

Em que, is: índice de saliência; dc: diâmetro de copa, em m; dap: diâmetro à altura do peito, em cm.

$$ia = \frac{dc}{h} \quad \text{Eq. 7}$$

Em que, ia: índice de abrangência; dc: diâmetro de copa, em m; h: altura total, em m.

$$fc = \frac{dc}{cc} * 100 \quad \text{Eq. 8}$$

Em que, fc: formal de copa; dc: diâmetro de copa; cc: comprimento de copa, em m.

2.4 Modelagem dos índices morfométricos

Para a variável diâmetro de copa foram ajustados oito modelos matemáticos, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Modelos ajustados para a variável diâmetro de copa de *P. taeda* no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina.

Table 1. Models adjusted for the variable crown diameter of *P. taeda* in the municipality of Campo Belo do Sul, Santa Catarina, Brazil.

Nº	Modelo	Fonte
1	$dc = \beta_0 + \beta_1 dap + \varepsilon$	Sanquetta et al. (2014)
2	$dc = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \varepsilon$	Costa (2011)
3	$\ln(dc) = \beta_0 + \beta_1 dap + \varepsilon$	Sanquetta et al. (2014)
4	$\ln(dc) = \beta_0 + \beta_1 \ln(dap) + \varepsilon$	Tonini; Arco-Verde (2005)
5	$\sqrt{dc} = \beta_0 + \beta_1 dap + \varepsilon$	Costa (2011)
6	$dc = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \varepsilon$	Nutto et al. (2001)
7	$dc = \beta_0 + dap^{\beta_1} + \varepsilon$	Sanquetta et al. (2014)
8	$\ln(dc) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{dap^3}\right) + \beta_2 \left(\frac{1}{dap^2}\right) + \beta_3 (dap) + \varepsilon$	Tonini; Arco-Verde (2005)

Em que: ln: logaritmo neperiano; dc: diâmetro de copa, em m; β_i : parâmetros dos modelos; ε : erro da estimativa.

Where: ln: neperian logarithm; dc: canopy diameter, in m; β_i : model parameters; ε : estimation error.

Para os índices morfométricos de proporção de copa, grau de esbeltez e índice de saliência não foram obtidos modelos para a estimativa desses índices na literatura. Assim, optou-se pelo método Stepwise, em que a variável independente utilizada foi o dap e h nas formas simples, quadrática, cúbica, inversa e logarítmica.

A escolha da melhor equação foi com base na significância dos coeficientes pelo teste t a 95% de probabilidade, maior coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), menor erro padrão da estimativa em porcentagem ($Sy.x\%$) e melhor distribuição gráfica de resíduos.

Os testes aplicados foram realizados através do software R versão 3.6 (R core team, 2019).

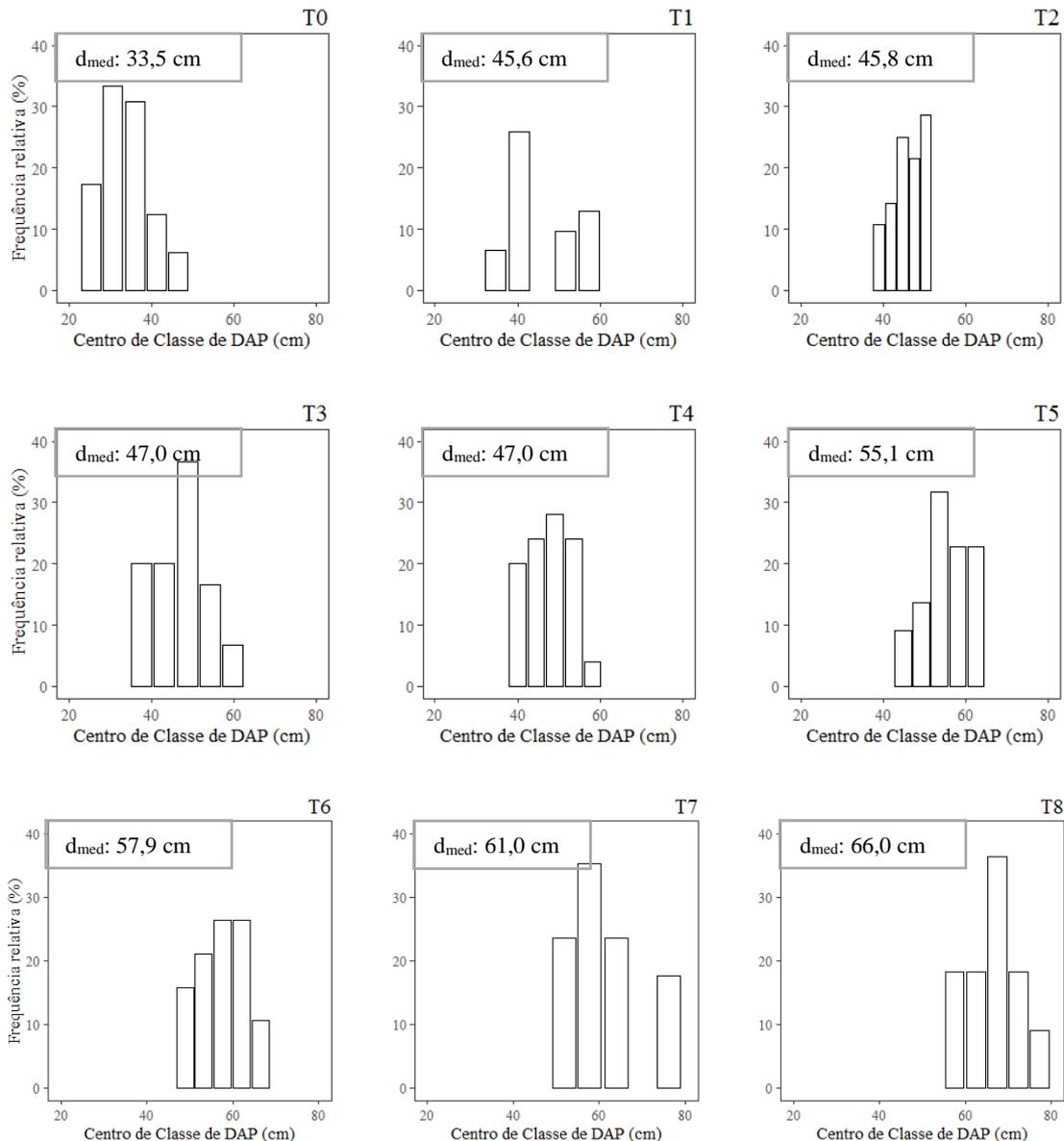
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características das variáveis morfométricas

O dap médio respondeu proporcionalmente a intensidade de desbaste aplicado. Assim, foi observado que quanto maior a intensidade da intervenção, maior o crescimento diamétrico e, por consequência, maior frequência de árvores nas classes superiores (Figura 2). O dap médio das

árvores por tratamento variou entre 33,5 cm para o tratamento sem desbaste (T0) a 66,0 cm para o tratamento extremo (T8). A presença dos maiores diâmetros nos tratamentos forte (T7) e extremo (T8) esteve associado ao favorecimento dessas árvores com diminuição da competição por espaço, luz e nutrientes.

Nos tratamentos com desbastes mais leves (T1, T2, T3 e T4) os dap médios variaram entre 45,6 cm, para o desbaste fraco (T1), e 47,0 cm, para o médio/médio (T4). Para os desbastes mais fortes (T5, T6 e T7) a diferença dos diâmetros médios foi de aproximadamente 5,9 cm.



Em que: T0: sem desbaste; T1: desbaste fraco; T2: desbaste fraco/médio; T3: desbaste médio; T4: desbaste médio/médio; T5: desbaste médio/forte; T6: desbaste sistemático; T7: desbaste forte; T8: desbaste extremo.

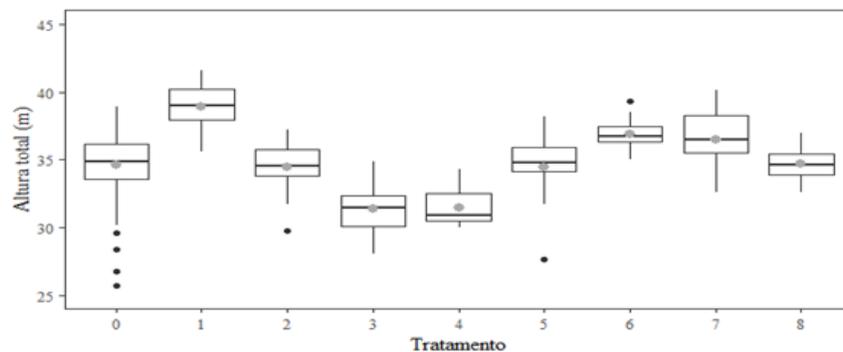
Where: T0: no thinning; T1: weak thinning; T2: weak/medium thinning; T3: medium thinning; T4: medium/medium thinning; T5: medium/strong thinning; T6: systematic thinning; T7: strong thinning; T8: extreme thinning.

Figura 2. Distribuição diamétrica e diâmetros médios (dmed) das árvores de *P. taeda* selecionadas para a avaliação das características morfométricas.

Figure 2. Diameter distribution and mean diameters (dmed) of *P. taeda* trees selected for the evaluation of morphometric traits.

As alturas totais médias variaram entre 31,4 m (T3) a 38,9 (T1), conforme demonstrado na figura 3. O tratamento não desbastado apresentou altura total média de 34,6 m, resultado próximo ao do

fraco/médio (34,5 m), médio/forte (34,5 m) e extremo (34,7 m), os demais apresentaram altura média de 36,9 m e 36,5 m, para o sistemático e forte, respectivamente.



Em que: 0: sem desbaste; 1: desbaste fraco; 2: desbaste fraco/médio; 3: desbaste médio; 4: desbaste médio/médio; 5: desbaste médio/forte; 6: desbaste sistemático; 7: desbaste forte; 8: desbaste extremo; pontos cinzas dentro dos boxplots representam a média do diâmetro de cada tratamento; pontos pretos: representam *outliers*.

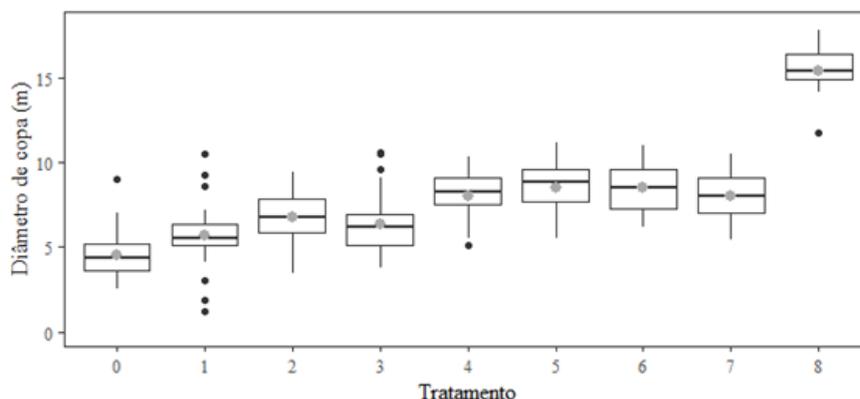
Where: 0: no thinning; 1: weak thinning; 2: weak/medium thinning; 3: medium thinning; 4: medium/medium thinning; 5: medium/strong thinning; 6: systematic thinning; 7: strong thinning; 8: extreme thinning; gray dots within the boxplots represent the mean diameter of each treatment; black dots: represent outliers.

Figura 3. Boxplot para a variável altura total das árvores de *P. taeda* selecionadas para a avaliação das características morfométricas.

Figure 3. Boxplot for the total height variable of *P. taeda* trees selected for the evaluation of morphometric characteristics.

A grande variação na altura total dos indivíduos no tratamento sem desbaste (T0) está associado a grande competição que pode ter afetado o desenvolvimento de alguns indivíduos. Através da

Figura 4 foi possível verificar que os diâmetros de copa variaram entre 4,53 (T0) m à 15,46 m (T8).



Em que: sem desbaste (T0); 1: desbaste fraco (T1); 2: desbaste fraco/médio (T2); 3: desbaste médio (T3); 4: desbaste médio/médio (T4); 5: desbaste médio/forte (T5); 6: desbaste sistemático (T6); 7: desbaste forte (T7); 8: desbaste extremo (T8); pontos cinzas dentro dos boxplots representam a média do diâmetro de cada tratamento; pontos pretos: representam *outliers*.

Where: no thinning (T0); 1: weak thinning (T1); 2: weak/medium thinning (T2); 3: medium thinning (T3); 4: medium/medium thinning (T4); 5: medium/strong thinning (T5); 6: systematic thinning (T6); 7: strong thinning (T7); 8: extreme thinning (T8); gray dots inside the boxplots represent the mean diameter of each treatment; black dots: represent outliers.

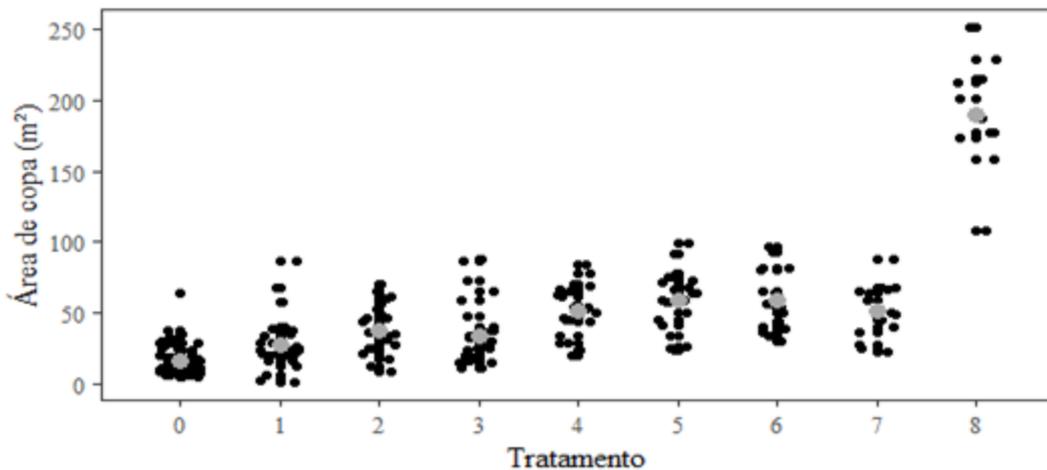
Figura 4. Boxplot para a variável diâmetro de copa para as árvores de *P. taeda*, no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina.

Figure 4. Boxplot for the canopy diameter variable for *P. taeda* trees in the municipality of Campo Belo do Sul, Santa Catarina, Brazil.

A não aplicação de desbaste influenciou na variável área de projeção de copa (ac), conforme a Figura 5. O tratamento T0 (sem desbaste) apresentou a menor área de copa média (17,21 m²), podendo associar este resultado ao elevado número de árvores e, conseqüentemente, elevada competição e pouco espaço para o seu desenvolvimento.

Quanto menor o número de árvores no tratamento, maior a área de copa observada, sendo que o tratamento fraco/médio (T2) apresentou

resultado superior ao obtido nos tratamentos de desbaste fraco (T1) (diferença de 10,55 m²) e desbaste médio (T3) (diferença de 4,46 m²). Desbastes mais fortes (T4, T5, T6 e T7) apresentaram área de projeção de copa média superior a 50 m², enquanto o desbaste extremo (T8) apresentou média de 189,60 m², sendo reflexo do maior espaço disponível para a expansão da copa das árvores deste tratamento.



Em que: 0: sem desbaste (T0); 1: desbaste fraco (T1); 2: desbaste fraco/médio (T2); 3: desbaste médio (T3); 4: desbaste médio/médio (T4); 5: desbaste médio/forte (T5); 6: desbaste sistemático (T6); 7: desbaste forte (T7); 8: desbaste extremo (T8); pontos cinzas dentro dos boxplots representam a média do diâmetro de cada tratamento; pontos pretos: representam outliers.

Where: 0: no thinning (T0); 1: weak thinning (T1); 2: weak/medium thinning (T2); 3: medium thinning (T3); 4: medium/medium thinning (T4); 5: medium/strong thinning (T5); 6: systematic thinning (T6); 7: strong thinning (T7); 8: extreme thinning (T8); gray dots inside the boxplots represent the mean diameter of each treatment; black dots: represent outliers.

Figura 5. Representação da variável área de copa para as árvores de *P. taeda*, no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina.

Figure 5. Representation of the canopy area variable for *P. taeda* trees in the municipality of Campo Belo do Sul, Santa Catarina, Brazil.

Para o comprimento de copa (Tabela 2), os valores variaram entre 4,70 m (T0) e 13,15 m (T6), árvores pertencentes aos tratamentos com desbastes mais fortes, sistemático (T6), forte (T7) e extremo (T8) possuem comprimento de copa superior, enquanto os demais, variaram entre 4,70 m (T0) e 10,73 (T1), podendo este resultado estar

associado a maior competição existente. Povoamentos mais adensados tendem a apresentar árvores com comprimento de copa inferior devido a maior pressão lateral exercida pelas árvores concorrentes, dessa forma, apresentando árvores com menores proporções de copa como o observado no presente estudo.

Tabela 2. Síntese das variáveis morfométricas de *P. taeda* no município de Campo Belo do Sul, Santa CatarinaTable 2. Summary of morphometric variables of *P. taeda* in the municipality of Campo Belo do Sul, Santa Catarina.

	cc	pc	Ge	Is	ia	fc
T0	4,7	13,52	1,05	0,14	0,13	0,15
T1	10,73	27,53	0,87	0,12	0,15	0,21
T2	9,12	26,36	0,8	0,15	0,2	0,27
T3	5,86	18,58	0,68	0,14	0,2	0,25
T4	6,92	21,79	0,68	0,17	0,25	0,34
T5	9,11	26,2	0,63	0,16	0,25	0,34
T6	13,15	35,58	3,64	0,15	0,23	0,37
T7	11,39	31	0,61	0,13	0,22	0,34
T8	11,56	33,2	0,5	0,23	0,45	0,67

Em que: 0: sem desbaste (T0); 1: desbaste fraco (T1); 2: desbaste fraco/médio (T2); 3: desbaste médio (T3); 4: desbaste médio/médio (T4); 5: desbaste médio/forte (T5); 6: desbaste sistemático (T6); 7: desbaste forte (T7); 8: desbaste extremo (T8); cc: comprimento de copa; pc: proporção de copa; ge: grau de esbeltez; Is: índice de saliência; ia: índice de abrangência; fc: formal de copa.

Where: 0: no thinning (T0); 1: weak thinning (T1); 2: weak/medium thinning (T2); 3: medium thinning (T3); 4: medium/medium thinning (T4); 5: medium/strong thinning (T5); 6: systematic thinning (T6); 7: strong thinning (T7); 8: extreme thinning (T8); cc: crown length; pc: crown proportion; ge: degree of slenderness; Is: protrusion index; ia: coverage index; fc: crown shape.

Para a proporção de copa, os resultados variaram entre 13,5%, para o tratamento sem desbaste (T0), e 35,58% para o desbaste sistemático (T6). Assim como observado para a variável comprimento de copa as árvores dos tratamentos sistemático, forte e extremo possuíram as maiores proporções de copa, sendo proporção de copa de 35,6; 31,0 e 33,2% respectivamente. Os demais tratamentos apresentaram resultados próximos sendo que árvores do não desbastado possuem proporção de copa de apenas 13,5%. Nos tratamentos fracos (T1, T2) e médios (T3, T4 e T5), a proporção de copa variou pouco, aproximadamente 8,9%.

A variável proporção de copa é utilizada para avaliar a produtividade de uma árvore, sendo que, altos valores são eficientes para espécies na qual são coletadas sementes, frutos, folhas, enquanto espécies com fins madeireiros, valores baixos de proporção de copa são mais desejáveis (Durló e Denardi, 1998; Tonini et al., 2008). Os resultados de proporção de copa obtidos neste estudo, corroboram com Zimmermann et al. (2016), que observaram árvores com proporção de copa média de 34,7%, variando entre 20,6 a 54,5%,

dependendo do nível de competição submetido o indivíduo.

O Grau de esbeltez, conhecida também como relação h/dap, demonstra a estabilidade da árvore, demonstra se as árvores estão crescendo mais em diâmetro do que em altura (Durló e Denardi, 1998; Dionísio et al., 2008). A tendência observada de diminuição gradativa do grau de esbeltez para cada tratamento está relacionada ao menor crescimento em altura quando comparado ao crescimento diamétrico dessas árvores, sendo verificado que o tratamento não desbastado (T0) apresentou 1,0 de grau de esbeltez, e os demais tratamentos foram diminuindo de 0,87 (fraco – T1) até chegar a 0,50 (extremo – T8).

O ge é uma variável que pode ser utilizada para verificar a suscetibilidade das árvores à queda ocasionada pelo vento, pois quanto maior o grau de esbeltez mais instável se torna a árvore, pois a altura total é proporcionalmente maior que o dap, o que pode causar a ruptura e queda dos indivíduos, danos na copa e quebra de galhos devido a ventos fortes (Bobrowski e Biondi, 2017; Vantropa et al., 2020).

Para o ge foi possível verificar 4 possíveis grupos, sendo o primeiro formado apenas pelo não

desbastado (T0), o segundo pelos fracos (T1 e T2), com grau de esbeltez variando entre 0,87 a 0,80, os intermediários compõem o terceiro grupo, com grau de esbeltez variando entre 0,68 a 0,61, enquanto o extremo possui ge de 0,50, sendo considerado o tratamento com árvores mais estáveis do povoamento. Árvores do tratamento não desbastado e do fraco (T0 e T1) são mais suscetíveis a sofrerem quebras devido ao vento, pois as mesmas possuem fustes longos e finos, não sendo tão estáveis quando comparadas às árvores dos demais tratamentos. O grau de esbeltez é calculado visando caracterizar a estabilidade das árvores, de modo que um baixo valor para esta variável demonstra que ocorre maior crescimento do diâmetro que em altura, sendo assim, quanto menor o resultado do grau de esbeltez mais estável são as árvores do povoamento, fazendo que sejam menos suscetíveis a quebras causadas por ventos fortes (Roveda et al., 2012; Wink et al., 2012; Sanquetta et al., 2013).

O índice de saliência (is) é obtido através da relação diâmetro de copa e dap, sendo utilizado para determinar o espaço a ser liberado ao redor da árvore para que a mesma cresça sem concorrência. Os baixos valores de is indicam que as árvores estão incrementando menos em diâmetro de copa do que em dap, ao longo do crescimento da árvore (Durlo, 2001; Silveira et al., 2015). Todos os tratamentos apresentaram resultados semelhantes com is variando entre 0,12 (T1) e 0,17 (T4), e o tratamento que recebeu intervenção extrema no início do experimento (T8) apresentou o maior valor (0,23). Este índice pode ser utilizado pelo gestor florestal para calcular o número máximo de árvores por unidade de área à medida que as árvores crescem, sendo utilizado como um indicativo de desbaste. A partir do is pode ser obtido o índice de espaço vital (isa) e, quanto menor for a média deste índice, maior será sua área basal e, provavelmente, também seu volume por hectare (Durlo e Denardi, 1998). Valores de is, variando entre 0,15 e 0,20, correspondem a espécies de crescimento volumétrico rápido, enquanto valores superiores a 0,25 caracterizam espécies com baixo crescimento (Condé et al., 2013).

O índice de abrangência variou entre 0,13 (T0) e 0,45 (T8), sendo que a aplicação de desbastes mais leves (T1, T2), médio (T3, T4, T5) ou fortes (T6, T7) fizeram com que os resultados ficassem bem próximos para esta variável, apresentando diferença de apenas 0,1, enquanto, na intervenção mais extrema (T8) no povoamento, foi obtido um índice de abrangência de 0,45.

Para Durlo (2001) a medida que ocorre um maior crescimento diamétrico das árvores, o diâmetro de copa cresce proporcionalmente, já, o crescimento em altura é suficientemente baixo, ao ponto de resultar em um aumento no índice de abrangência. Além disto, o índice de abrangência é uma ferramenta que pode ser utilizada para a tomada de decisão em um plano de desbaste quando o mesmo é manejado com “altura – objetivo” (Roveda et al., 2012; Orellana e Koehler, 2008).

O formal de copa informa o grau de achatamento de copa, sendo observado que a aplicação de desbaste forte (T7) ou a não aplicação (T0) geraram resultados semelhantes, com uma variação média entre 0,15 (T0) e 0,37 (T6). Apesar da grande variação nos resultados, é possível afirmar que todas as árvores dos tratamentos avaliados possuem copas alongadas, pois seus resultados foram inferiores a 1. Valores inferiores a 1 demonstram que as árvores esbeltas de copas alongadas, sendo que quanto menor o índice, melhor será a produtividade em madeira da árvore (Rodrigues et al., 2021).

Povoamentos inequívocos apresentam, na maioria dos casos, formal de copa inferior a 1, pois o comprimento de copa tende a ter maior desenvolvimento do que o dc, porém, as aplicações de desbastes tendem a influenciar esta variável, e consequentemente o valor do fc tende a aumentar (Silva et al., 2017). O fc pode ser utilizado para a seleção de árvores para desbastes, uma vez que árvores com mesmo diâmetro alcançará produtividades diferentes, sendo a maior produtividade associada aos indivíduos com menor fc sendo removidas do povoamento árvores com maiores fc (Klein, 2017).

3.2 Modelagem dos índices morfométricos

Diante da pouca literatura disponível sobre modelagem dos índices morfométricos para *P. taeda*, optou-se por utilizar literatura de outras espécies apenas para analisar o comportamento das variáveis modeladas em função do dap.

3.2.1 Diâmetro de copa

Na Tabela 3 estão apresentadas as melhores equações, das oito testadas, para a estimativa da variável diâmetro de copa de cada tratamento e seus respectivos coeficientes de determinação ajustados e erro padrão da estimativa. Dos oito modelos testados, os sugeridos por Sanquetta et al. (2014) (modelos 1, 3 e 7) e Costa (2011) (modelo

2) foram responsáveis por gerar as melhores equações neste estudo.

As equações selecionadas obtiveram R^2_{aj} inferior a 70% e $Sy.x\%$ superior a 10%. O desbaste fraco (T1) apresentou o melhor resultado de R^2_{aj} , 61,65%, enquanto o extremo (T8) o pior valor de R^2_{aj} , 10%. Apenas o desbaste fraco (T1)

apresentou um bom resultado de R^2_{aj} e isto se deu em decorrência da alta correlação da variável dap e dc . Os tratamentos não desbastados (T0), médio (T3), médio/médio (T4), médio/forte (T5) e forte (T7) possuem R^2_{aj} próximos, variando apenas entre 30,8% e 36,5% e $Sy.x\%$ próximo a 22%.

Tabela 3. Parâmetros de precisão das melhores equações para a estimativa de diâmetro de copa, dos tratamentos de *P. taeda* avaliados no município de Campo Belo do Sul, SC.

Table 3. Precision parameters of the best equations for the estimation of canopy diameter of *P. taeda* treatments evaluated in the municipality of Campo Belo do Sul, SC.

Tratamento	Equação	FM	R^2_{aj}	$Sy.x\%$
Sem desbaste (T0)	$dc = 0,213 * dap^{0,871}$	-	30,8	21,6
Fraco (T1)	$dc = -6,921 + 2,255 * dap$	-	61,7	19,5
Fraco/médio (T2)	$dc = -0,426 + 0,145 * dap$	-	22,1	22,0
Médio (T3)	$\ln(dc) = 0,761 + 0,022 * dap$	1,03	35,0	19,2
Médio/médio (T4)	$dc = 5,441 + 0,001 * dap^2$	-	36,5	16,3
Médio/forte (T5)	$dc = 4,341 + 0,001 * dap^2$	-	30,8	15,7
Sistemático (T6)	$dc = 3,938 + 0,001 * dap^2$	-	44,0	13,1
Forte (T7)	$dc = 5,118 + 0,001 * dap^2$	-	34,4	15,4
Extremo (T8)	$dc = 7,688 + 0,001 * dap^2$	-	10,0	17,9

Em que: dc : diâmetro de copa; \ln : logaritmo neperiano; dap : diâmetro à altura do peito em cm; FM: fator de Meyer; R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado, em porcentagem; $Sy.x\%$: erro padrão da estimativa, em porcentagem.

Where: dc : crown diameter; \ln : neperian logarithm; dbh : diameter at breast height in cm; FM: Meyer factor; R^2_{aj} : adjusted coefficient of determination, in percentage; $Sy.x\%$: standard error of the estimate, in percentage.

Apesar dos diferentes cenários avaliados, sem intervenção até desbaste extremo, é aconselhável ter cautela na utilização das equações selecionadas para a predição do diâmetro de copa devido aos baixos resultados de R^2_{aj} obtidos e altos $Sy.x\%$ verificados em algumas situações. Resultados não satisfatórios também foram obtidos por Nutto et al. (2001) ao realizarem a modelagem para o diâmetro de copa de *P. elliottii* com idades de 18 a 21 anos em quatro municípios do estado do Rio Grande do Sul, sendo verificado R^2_{aj} de 0,48, sendo associado os baixos resultados as prováveis subestimativas que ocorreram com a coleta de apenas quatro raios para esta variável.

3.2.2 Proporção de copa

Os parâmetros de precisão das melhores equações obtidas pelo método de *Stepwise* para a variável proporção de copa estão descritos na

Tabela 4. Os baixos resultados para R^2_{aj} e altos valores de $Sy.x\%$ demonstraram que não há dependência entre as variáveis dap e proporção de copa. Sugere-se testar outras variáveis independentes, como altura de inserção de copa, pois a mesma apresentou alta correlação com a variável proporção de copa.

É possível verificar que o sem desbaste (T0) e os desbastes fraco (T1), fraco/médio (T2), médio/médio (T4), médio/forte (T5) e sistemático (T6) possuem os piores resultados para R^2_{aj} e $Sy.x\%$, podendo destacar o T1 com menor R^2_{aj} e médio/médio (T4) com o maior $Sy.x\%$, nesses casos é importante não se utilizar as mesmas, pois os resultados preditos podem não ser condizentes com a realidade. Já no médio (T3), forte (T7) e extremo (T8) os resultados de R^2_{aj} são aceitáveis, variando entre 47,5% (T8) e 59,4% (T7), e o $Sy.x\%$ foi de 19,4, 20,6 e 17,1 respectivamente para os tratamentos.

Baixos resultados na modelagem para a variável proporção de copa, foram obtidos por Costa (2011) ao realizar a modelagem para árvores dominantes e co-dominantes de *Araucaria angustifolia* encontrou valores de R^2_{aj} inferiores a 25% e $Sy.x\%$ superiores a 40%. Para o autor os baixos resultados

encontrados na modelagem para pc em função do dap estão associados a grande variabilidade dos dados observados, não sendo totalmente descritos pelo dap, ainda que os coeficientes tenham sido significativos.

Tabela 4. Parâmetros de precisão das melhores equações obtidos pelo método do *Stepwise* para a estimativa de proporção de copa, dos tratamentos de *P. taeda* avaliados no município de Campo Belo do Sul, SC.

Table 4. Precision parameters of the best equations obtained by the *Stepwise* method for estimating the crown proportion of *P. taeda* treatments evaluated in the municipality of Campo Belo do Sul, SC.

Tratamento	Equação	R^2_{aj}	$Sy.x\%$
Sem desbaste (T0)	$pc = 12,144 + 0,001 * dap^2$	10,3	30,2
Fraco (T1)	$pc = 0,276 + 0,001 * dap^3 - 0,019 * 1/dap$	4,1	37,0
Fraco/médio (T2)	$pc = 20,350 + 1,573 * \ln(dap)$	5,2	32,4
Médio (T3)	$pc = 37,285 - 1,078 * dap + 0,014 * dap^2$	54,8	19,4
Médio/médio (T4)	$pc = 133,074 - 5,255 * dap + 0,061 * dap^2$	10,0	54,7
Médio/forte (T5)	$pc = 4,730 + 1,054 * dap - 0,012 * dap^2$	8,2	20,2
Sistemático (T6)	$pc = 11,618 + 0,414 * dap$	10,5	21,4
Forte (T7)	$pc = 300,752 - 8,983 * dap + 0,073 * dap^2$	59,4	20,6
Extremo (T8)	$pc = 55,591 - 1,721 * dap + 0,016 * dap^2$	47,5	17,1

Em que: pc: proporção de copa; dap: diâmetro a altura do peito, em cm; R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado, em porcentagem; $Sy.x\%$: erro padrão estimativa, em porcentagem.

Where: pc: crown proportion; dbh: diameter at breast height, in cm; R^2_{aj} : adjusted coefficient of determination, in percentage; $Sy.x\%$: estimated standard error, in percentage.

3.2.3 Grau de esbeltez

Para a variável grau de esbeltez as equações obtiveram acurácia e boa precisão, com alto valor de R^2_{aj} , 73,7 (T2) a 94,8% (T8), e baixo valor de $Sy.x\%$, 2,88 (T6) a 6,48% (T7). Os bons resultados

dos parâmetros de precisão estão relacionados à alta correlação existente entre as variáveis dap e grau de esbeltez. Com base nesses resultados, a variável grau de esbeltez, para árvores submetidos a diferentes intensidades de desbastes, pode ser estimada pelas equações descritas na Tabela 5.

Tabela 5. Melhores equações obtidas pelo método de *Stepwise* para a variável grau de esbeltez de cada tratamento e seus respectivos parâmetros de precisão.

Table 5. Best equations obtained by the Stepwise method for the variable degree of slenderness of each treatment and their respective precision parameters.

Tratamento	Equação	R ² aj	Sy.x%
Sem desbaste (T0)	$ge = 0,300 + 24,570 * 1/dap$	78,2	6,3
Fraco (T1)	$ge = 2,391 - 0,047 * dap + 0,001 * dap^2$	93,0	4,1
Fraco/médio (T2)	$ge = 1,439 - 0,015 * dap$	73,7	4,7
Médio (T3)	$ge = 1,936 - 0,042 * dap + 0,001 * dap^2$	88,9	4,9
Médio/médio (T4)	$ge = 2,017 - 0,045 * dap + 0,001 * dap^2$	91,2	3,6
Médio/forte (T5)	$ge = 0,309 - 0,004 * dap + 28,351 * dap^2$	82,4	6,0
Sistemático (T6)	$ge = 1,245 - 0,010 * dap$	92,5	2,9
Forte (T7)	$ge = -11,070 + 0,179 * dap - 0,001 * dap^2 + 26,060 * 1/dap$	82,5	6,5
Extremo (T8)	$ge = 1,941 - 0,036 * dap + 0,001 * dap^2$	94,8	3,4

Em que: ge: grau de esbeltez; dap: diâmetro a altura do peito, em cm; R²aj: coeficiente de determinação ajustado, em porcentagem; Sy.x%: erro padrão estimativa, em porcentagem.

Where: ge: degree of slenderness; dap: diameter at breast height, in cm; R²aj: adjusted coefficient of determination, in percentage; Sy.x%: estimated standard error, in percentage.

3.2.4 Índice de saliência

Os baixos resultados para os parâmetros de precisão para o tratamento que não recebeu desbaste (T0) e os que receberam desbaste fraco (T1), fraco/médio (T2), médio/médio (T4), médio/forte (T5) e sistemático (T6) ocorreu devido à baixa correlação entre as variáveis dap e índice de saliência. Os baixos resultados dos parâmetros de precisão para esta variável estar relacionada a grande variabilidade dos dados observados, os quais não puderam ser totalmente descritos pelo diâmetro das árvores, ainda que os modelos tenham sido todos significativos (Costa, 2011). De maneira geral, apesar da significância de todos os coeficientes das equações selecionadas, é

aconselhável cautela na sua utilização nos tratamentos em que tiveram baixos R²aj e altos Sy.x%.

Resultados semelhantes foram obtidos por Costa (2011) ao realizar a modelagem dos índices morfométricos para *A. angustifolia* no município de Lages/SC, o autor encontrou coeficiente de determinação abaixo de 12% e Sy.x% acima de 10%, e, assim como neste estudo, não foi indicado a utilização das equações para a espécie (Tabela 6). Para a espécie *Cabrlea canjerana*, no planalto sul-rio-grandense, Durlo (2001) encontrou resultados semelhantes ao do presente trabalho e relacionou os baixos resultados do R²aj e alto Sy.x% a não dependência entre a variável diâmetro e índice de saliência.

Tabela 6. Parâmetros de precisão das melhores equações obtidos pelo método de *Stepwise* para a estimativa do índice de saliência, dos tratamentos de *P. taeda* avaliados no município de Campo Belo do Sul, SC.

Table 6. Precision parameters of the best equations obtained by the Stepwise method for estimating the overhang index of *P. taeda* treatments evaluated in the municipality of Campo Belo do Sul, SC.

Tratamento	Equação	R ² aj	Sy.x%
Sem desbaste (T0)	$Is = -0,157 + 0,004 * dap + 5,231 * 1/dap$	5,1	21,4
Fraco (T1)	$Is = 4,519 - 0,091 * dap + 0,001 * dap^2 - 0,712 * 1/dap$	44,7	19,0
Fraco/médio (T2)	$Is = -8253,420 - 14,380 * dap + 85266,630 * 1/dap$	42,0	22,8
Médio (T3)	$Is = 0,139 - 278,298 * 1/dap^3$	22,0	23,0
Médio/médio (T4)	$Is = -2,289 + 0,016 * dap + 12,220 * 1/dap$	7,0	17,7
Médio/forte (T5)	$Is = 0,152 + 0,001 * dap^2$	8,3	15,9
Sistemático (T6)	$Is = 1,732 - 0,000 * dap^2 - 12,550 * 1/dap + 27,600 * 1/dap^2$	10,7	14,1
Forte (T7)	$Is = -0,970 + 0,027 * dap - 0,001 * dap^2 + 50,790 * 1/dap^2$	12,1	15,9
Extremo (T8)	$Is = 0,233 - 0,001 * dap$	13,6	17,9

Em que: is: índice de saliência; dap: diâmetro a altura do peito, em cm; R²aj: coeficiente de determinação ajustado, em porcentagem; Sy.x%: erro padrão estimativa, em porcentagem.

Where: is: protrusion index; dbh: diameter at breast height, in cm; R²aj: adjusted coefficient of determination, in percentage; Sy.x%: estimated standard error, in percentage.

4 CONCLUSÃO

Os desbastes influenciaram diretamente nas características de copa da espécie, sendo que a tratamento com desbaste mais extremo apresentou maiores resultados para as variáveis diâmetro e altura de copa. Para o índice de abrangência a aplicação de desbastes fracos ou forte não influenciaram nesta variável, sendo a única diferença numérica visualizada no tratamento de desbaste extremo, com índice de abrangência duas vezes maior ao obtido nos demais tratamentos.

A modelagem do grau de esbeltez pode ser estimada pelas equações deste estudo. Para a variável diâmetro de copa, é aceitável a utilização da equação apenas para o tratamento fraco. Apesar de ter sido selecionado uma equação para cada tratamento, é importante se ter cautela na utilização das mesmas, uma vez que foram obtidos baixos resultados de R²aj (exceto para grau de esbeltez) e altos Syx%.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPESC e a CAPES pela bolsa de Pós-Graduação ao primeiro autor. Ao grupo de Pesquisa

de Gestão e Recursos Florestais da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). A empresa Florestal Gateados por ceder os dados e auxiliar nas coletas a campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Morfometria de espécies florestais plantadas nas calçadas. *Revista Brasileira de Arborização Urbana*, v. 12, p. 1-16, 2017.
- CAVALHEIRO, R.; MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PELISSARI, A.L.; ORSO, G. Predição da produção total em povoamentos de *Pinus taeda* L. por diferentes categorias de modelos. *Revista Biofix Scientific Journal*, v. 8, n. 1, p. 16-23, 2023.

- COSTA, E.A. **Influência de variáveis dendrométricas e morfométricas da copa no incremento periódico de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, Lages, SC. 2011. 148 f.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CONDÉ, T.M. Morfometria de quatro espécies florestais em sistemas agroflorestais no município de Porto Velho, Rondônia. **Revista Agroambiente on-line**, v. 7, n. 1, p. 18-27, 2013.
- DIONÍSIO, L.F.S.; ARAÚJO, H.X.; CORREIA, R.G.; MARTINS, W.B.R.; COSTA, J.S.; MACIEL, F.C.S. Influência do primeiro desbaste na morfometria de *Tectona grandis* L.f. em Roraima. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, p. 8, 2018.
- DURLO, M.A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio grande do Sul. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.
- DURLO, M.A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Revista Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 141-149, 2001.
- DURLO, M.A.; SUTILI, F.J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Revista Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 79-89, 2004.
- KLEIN, D.R. **Morfometria e crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no planalto sul catarinense.** 2017, 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina.
- KOHLER, S.V.; KOEHLER, H.S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J.E.; MACHADO, S.A. Evolução do sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina. **Floresta**, v. 45, n. 3, p. 545-554, 2015.
- LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; MOREIRA, A.M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 603-612, 2006.
- ORELLANA, E.; KOEHLER, A.B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 229-237, 2008.
- OLIVEIRA, T.M.; MADI, J.P.S.; CERUEIRA, C.L.; MILIKAN, P.H.K.; CARVALHO, M.P.L.; CARVALHO, S.P.C. Relações morfométricas para árvores de *Tectona grandis*. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 4, p. 461-465, 2018.
- NUTTO, L.; TONINI, H.; BORSOI, G.A.; MOSKOVICH, F.A.; SPATHELF, P. Utilização dos parâmetros de copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Boletim da Pesquisa Florestal**, n. 42, p. 123-138, 2001.
- RODRIGUES, T.M.; RECH, T.D.; BALDISSERA, T.C.; PINTO, C.E.; GARAGORY, F.C.; BRAND, M.A. Impact of weather conditions on the energetic quality of aciculated dry branches of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze produced throughout a year. **Revista Floresta**, v. 51, p. 785-793, 2021.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019.
- ROVEDA, M.; DALGALLO, B.; DIAS, A.N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MULLER, C. Morfometria de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Floresta Nacional de São Francisco de Paula - RS. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Malinovski Florestal, 2012.
- SANQUETTA, C.R.; BEHLING, A.; CORTE, A.P.D.; FERENADES, A.C.; BECKERT, S.M.; SIMON, A.A. Equações para estimativa do diâmetro de copa para Acácia-negra. **Floresta e Ambiente**, p. 14, 2014.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. **Santa Catarina em números: Campo Belo do Sul.** Florianópolis: Sebrae, 2010, 144p.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina.** Volume III: Floresta Ombrófila Mista. Blumenau: Edifurb, 2013. 448p.
- SILVA, F.A.; FORTES, F.O.; RIVA, D.; SCHORR, L.P.B. Caracterização de índices morfométricos para *Araucaria angustifolia* plantada na Região Norte do Rio Grande do Sul. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 3, p. 143-146, 2017.

SILVEIRA, B.D.; FLORIANO, E.P.; NAKAJIMA, N.Y.; HOSOKAWA, R.T.; ROSOT, N.C.; GRACIOLI, C.R. Relação da morfometria e competição com o crescimento de *Trichilia clausenii* em um fragmento de floresta semidecidual, RS. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 373-382, 2015.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M.F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n.7, p. 633-638, 2005.

VANTROBA, A.P.; BERTOLINI, I.C.; SENS, T.M.Z.G.; WATZLAWICK, L.F.; SCHRAN, J.A.; PEDROSO, B.C. Características morfométricas e dendrocronológicas de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam em fragmento da Floresta Ombrófila Mista Aluvial. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, e3338, 2020.

WEBER, V.P.; FINGER, C.A.G.; FLEIG, F.D.; SOUZA, C.A.M.; MUNARETO, F.F.; SILVA, L.T.M. Diretrizes para desbaste de *Pinus taeda* L. em função da altura dominante. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 193-201, 2013.

WINK, C.; MONTEIRO, J.S.; REINERT, D.J.; LIBERALESSO, E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 057-067, 2012.

ZIMMERMANN, A.P.L.; COSTA, E.A.; SCHRODER, T.; FLEIG, F.D. Modelagem do incremento diamétrico de *Pinus taeda* em função de variáveis da copa e índices de competição. **Revista Floresta**, v. 46, n.1, p. 115-122, 2016.