

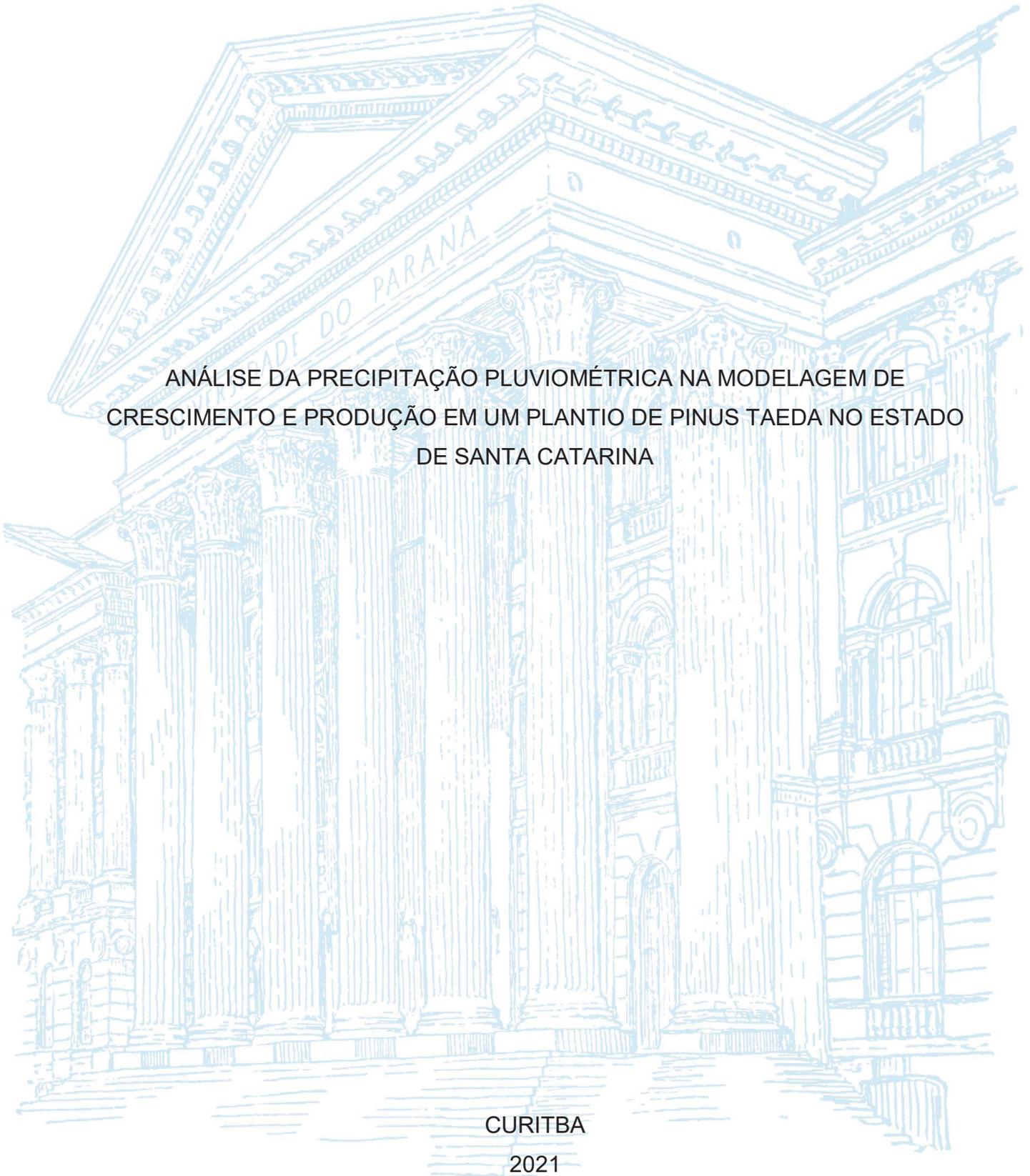
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO HORST

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA MODELAGEM DE
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO EM UM PLANTIO DE PINUS TAEDA NO ESTADO
DE SANTA CATARINA

CURITIBA

2021



BRUNO HORST

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA MODELAGEM DE
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO EM UM PLANTIO DE PINUS TAEDA NO ESTADO
DE SANTA CATARINA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-graduação em MBA em Gestão Florestal, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.
Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

CURITIBA

2021

Análise da precipitação pluviométrica na modelagem de crescimento e produção em um plantio de *Pinus taeda* no estado de Santa Catarina

Bruno Horst

RESUMO

Objetivou-se estudar o crescimento e produção e verificar a influência da precipitação pluviométrica (PP) em um plantio de *Pinus taeda*. Para tal, utilizou-se dados de 89 parcelas permanentes de *Pinus taeda* sem desbaste, advindos da empresa Klabin S.A., unidade de Santa Catarina, com idades variando de 12 a 16 anos. O modelo de Schumacher-Hall foi empregado para a modelagem e as estimativas de volume e altura dominante foram comparadas a partir do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}), erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) e análise gráfica de resíduos. A modelagem realizada para altura dominante (h_{dom}) com a inserção da precipitação gerou resultados similares àqueles obtidos pela modelagem sem a variável. Entretanto na modelagem para estimar o volume os resultados foram insatisfatórios, com menor precisão, sendo considerada inadequada para estimar a produção para povoamentos de Pinus. Por fim, verificou-se que a consideração da precipitação na modelagem de crescimento e produção, em regiões com baixa variabilidade da PP, interferiu negativamente na precisão das estimativas.

Palavras-chave: Pinus. Precipitação pluviométrica. Modelo de Schumacher-Hall. Crescimento e produção.

ABSTRACT

Aimed to study the growth and production, and check the influence of pluviometric precipitation (PP) on a planting of Pinus Taeda. For this, it was used data from 89 permanent Pinus taeda plots, without thinning, of property the klabin company, Santa Catarina business unit, aged between 12 to 16 years old. The Schumacher-hall model was used for the modeling and volume estimates and dominant height were compared from the adjusted determination coefficient, standard error of estimate and graphical residue analysis. The modeling performed for dominant height with insertion of the precipitation generated similar results to those obtained by modeling without this. However, in modeling to estimate volume the results were unsatisfactory, with less precision, being considered inadequate to estimate the production of Pinus stands. Ultimately, it was found that the consideration of precipitation in modeling growth and production, in regions with low variability of the PP, negatively interfered in the accuracy of the estimates.

Keywords: Pinus. Pluviometric precipitation. Schumacher-Hall model. Growth and production.

1 INTRODUÇÃO

O Setor florestal no Brasil, na última década, consagrou-se um dos mais proeminentes no mundo. A área de florestas plantadas totalizou 9,0 milhões de hectares em 2019, o que corresponde a aproximadamente 1,06% do território nacional. Destes, os plantios de *Pinus* representam 1,64 milhões de hectares (18% do total) e concentram-se, principalmente, nos estados do Paraná (44%) e Santa Catarina (26%) (IBÁ 2020). Dentre as espécies do gênero, o *Pinus taeda* destaca-se devido ao alto incremento volumétrico e à sua plasticidade no que tange as condições edafoclimáticas, fazendo com que a espécie seja amplamente utilizada. A madeira se encontra nas cadeias produtivas dos mais variados setores, sendo utilizada na fabricação de chapas, madeira serrada, madeira reconstituída, entre outros. (AGUIAR, et al., 2011; ALCANTARA, et al., 2007).

À medida que efetiva-se tamanho desenvolvimento do setor florestal no Brasil, as empresas buscam, cada vez mais, soluções para o aprimoramento de suas operações e, conseqüentemente, maior obtenção de resultados financeiros (ABREU, E. C. R., 2000). Para tal, os investimentos voltam-se às tecnologias capazes de acurar seu planejamento e tomada de decisão. A busca por maior assertividade passa também pelo emprego de ferramentas de gestão voltadas às florestas. Sabe-se da importância da gestão das áreas, não só para o maior aproveitamento dos recursos despendidos, acarretando diminuição dos custos, como também, para maximização dos indicadores de desempenho operacionais (ARCE, J. E., 1997).

O planejamento torna possível a maximização da produção florestal por meio da mensuração de variáveis, que, a partir do uso de modelos ou sistemas de predição, fornecem informações concisas e assertivas, utilizadas para otimizar as operações como a colheita e a logística florestal (SCHEEREN, L. W., 2003; VALTRAZ, S., 2014). Dados como crescimento e produção são amplamente utilizados em sistemas de manejo florestal. Baseado nessas informações é possível prever o desenvolvimento da floresta em qualquer idade (SCOLFORO, 1994). Quanto melhor a estimativa da produção florestal for, mais assertiva será a tomada de decisão e as análises de investimentos (RUFINI et al., 2010; STEPKA, et al., 2017). Vários modelos de crescimento e produção são encontrados atualmente, contemplando simples equações que geram dados de produção por unidade de área em função da idade, densidade do povoamento e índices de sítio. (CLUTTER et al., 1983).

Entretanto, existem casos em que a inclusão da precipitação pluviométrica nos modelos de crescimento e produção propicia maior assertividade, devido à grande correlação com a produtividade do povoamento (MIRANDA et al., 2014).

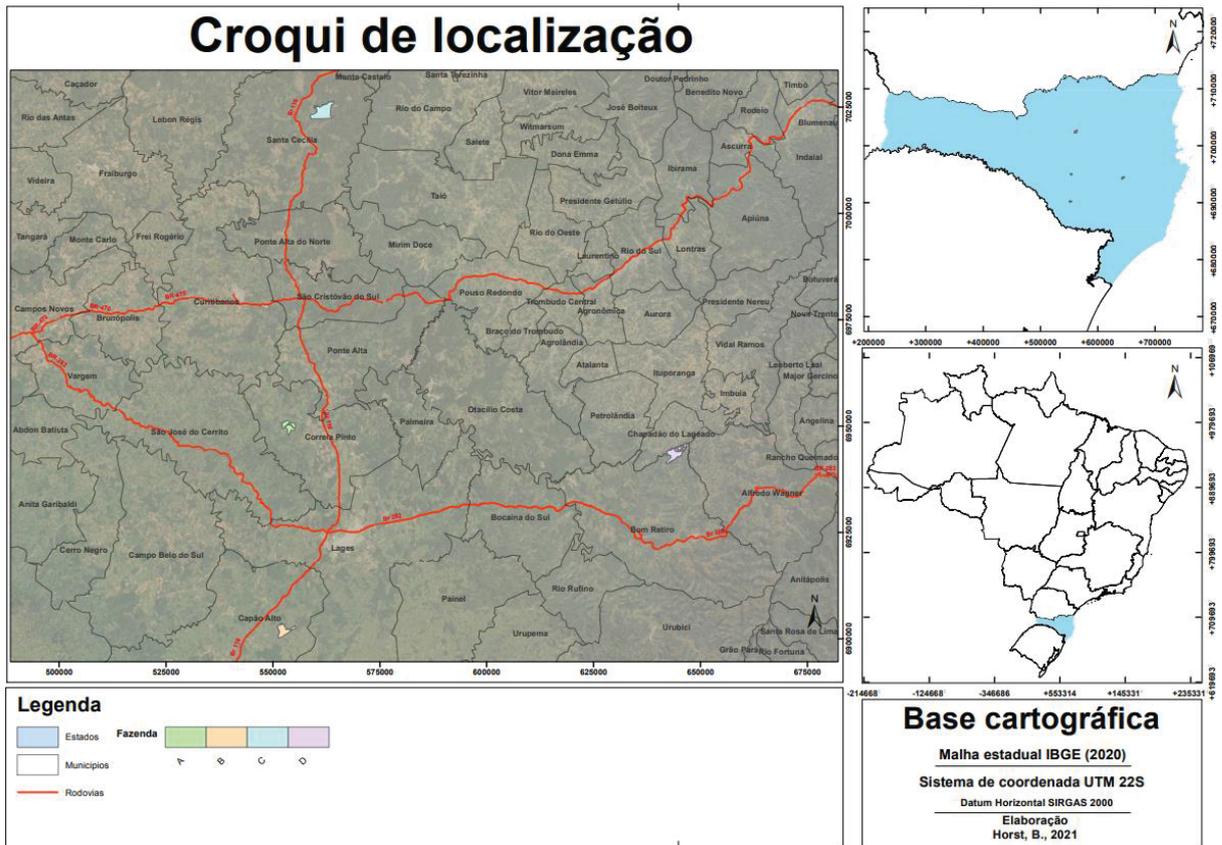
Temps (2005) realizou estudos de crescimento e produção com a inserção da precipitação pluviométrica, nas mais variadas formas, como variável independente no modelo de Richards em povoamentos de *Pinus taeda* L. sem a realização de desbastes e com idades entre 5 e 35 anos no estado de Santa Catarina. Após os estudos verificou-se ganhos na assertividade das estimativas da altura dominante, tornando o erro padrão da estimativa, em média, em 7,5% menor.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da precipitação pluviométrica no crescimento e produção volumétrica de um plantio de *Pinus taeda* no estado de Santa Catarina, Brasil.

2 METODOLOGIA

A área de estudo é de propriedade da empresa Klabin S.A. e está localizada no oeste do estado de Santa Catarina (Figura 1). A área é composta por propriedades, chamadas fazendas, que estão localizadas nos municípios de Bom Retiro, Capão Alto, Correia Pinto e Santa Cecília. O clima da região varia, mas em geral é temperado, úmido, com chuvas que ocorrem durante todo o ano, categorizado como Cfb pela classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 17,8 °C, com umidade relativa anual em torno de 79% e precipitação pluviométrica (PP) anual variando na ordem de 1.200 até 1.900mm. A ocorrência de geadas na região é comum nos períodos de inverno e até a presença de neve pode ser visualizada nesse mesmo período. (GOLFARI et al., 1978).

FIGURA 1 - CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.



FONTE: O autor (2021).

O trabalho foi realizado utilizando dados obtidos de uma rede de parcelas permanentes advindas de um inventário florestal contínuo, estabelecida em plantios de *Pinus taeda*, com área útil por planta de 6,25 m². Foram utilizadas 89 parcelas, entre 7 e 15 anos. A intensidade de amostragem foi de, aproximadamente, uma parcela a cada 13 hectares. As parcelas são retangulares, contemplando 5 linhas e 10 covas por linha, representando uma área de 330 m² em média (Tabela 1). Em cada parcela, foram medidos os diâmetros à altura do peito (DAP – 1,3 m do solo) com casca de todas as árvores da parcela, a altura total (h) das 15 primeiras árvores e a altura total das cinco árvores dominantes (hdom), segundo a metodologia proposta por Assmann (1961).

TABELA 1 – DADOS DE INVENTÁRIO.

Fazenda	Parcelas	Área da parcela (m ²)	Nº Árvores/ha
A	21	333	1293
B	15	317	1352
C	26	338	1299
D	27	332	1233
Total Geral	89	330	1294

FONTE: O autor (2021).

Os dados de precipitação pluviométrica (PP) foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de cidades próximas às áreas de estudo (Tabela 2). Para a análise do efeito da PP sobre o crescimento anual da altura dominante, foram feitas análise de correlação de Person e, posteriormente, ajuste via regressão por *stepwise*.

TABELA 2 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.

Fazenda/ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Média fazenda
A	186,5	156,1	112,7	106,6	133,7	111,9	115,7	133,9
B	168,3	131,5	110,6	124,5	108,7	39,8	*	129,1
C	239,5	233,5	131,8	106,6	*	200,2	146,5	183,6
D	156,6	139,4	119,3	120,8	106,2	106,2	188,1	125,9
Média geral	188,0	165,7	120,4	116,0	116,2	109,9	139,2	140,3

*Sem valores

FONTE: O autor (2021).

Para o ajuste dessas equações, foram utilizadas como variáveis dependentes a altura dominante e como variáveis independentes a precipitação nas forma original, logarítmica e inversa. O modelo utilizado foi o de Schumacher-Hall na forma linearizada (1).

$$h_{\text{dom}} = \beta_0 e^{\left(\frac{\beta_1}{I}\right)} \varepsilon_i \quad (1)$$

Em que: h_{dom} = altura dominante média da parcela (m); I = Idade do povoamento (anos)

Na regressão, foi adotado o nível de significância α de 5% de probabilidade de erro para os coeficientes (ou *p-valor* ≤ 0,05). Utilizaram-se os seguintes critérios

estatísticos para a seleção dos modelos: (R^2_{ajust}) (equação 2), erro padrão da estimativa (S_{yx} %) (equação 3) e análise da dispersão de resíduos.

$$R^2_{ajust} = 1 - \left[\left(\frac{n-1}{n-p} \right) \times \left(\frac{SQ \text{ resíduo}}{SQ \text{ total}} \right) \right] \quad (2)$$

$$S_{yx} (\%) = \sqrt{\frac{(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-p}} \quad (3)$$

Em que: n = número de dados observados; p = número de parâmetros do modelo; R^2 = coeficiente de determinação; h_o = altura observada (m); h_e = altura estimada pela equação (m), \hat{Y}_i = estimativa da variável dependente, Y_i = variável dependente observada.

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Por meio da modelagem *stepwise* a variável precipitação média logaritmizada foi selecionada, apresentando uma correlação de -0,45. Isso mostra que essa variável relaciona-se de modo inverso com a altura dominante.

Por meio do ajuste do modelo de Schumacher-Hall com e sem a inclusão da variável precipitação, observa-se que o modelo em que a variável precipitação não foi adicionada foi considerado o mais adequado, apresentando valores moderadamente superiores nas estimativas, em todos os locais, levando-se em consideração os valores de R^2_{ajst} ($> 0,74$) e S_{yx} ($< 7,50\%$), com exceção da área de Coreia Pinto que não apresentou um bom ajuste R^2_{ajst} ($< 0,30$) considerando ou não a adição da variável precipitação (Tabela 3). Como mencionado, entre os modelos com e sem a inclusão da variável precipitação, tiveram poucas diferenças nos critérios de avaliação assim como no gráfico de resíduos (Figura 2), mostrando que pode ser uma variável para ser incluída nos modelos para estimar altura dominante dos plantios.

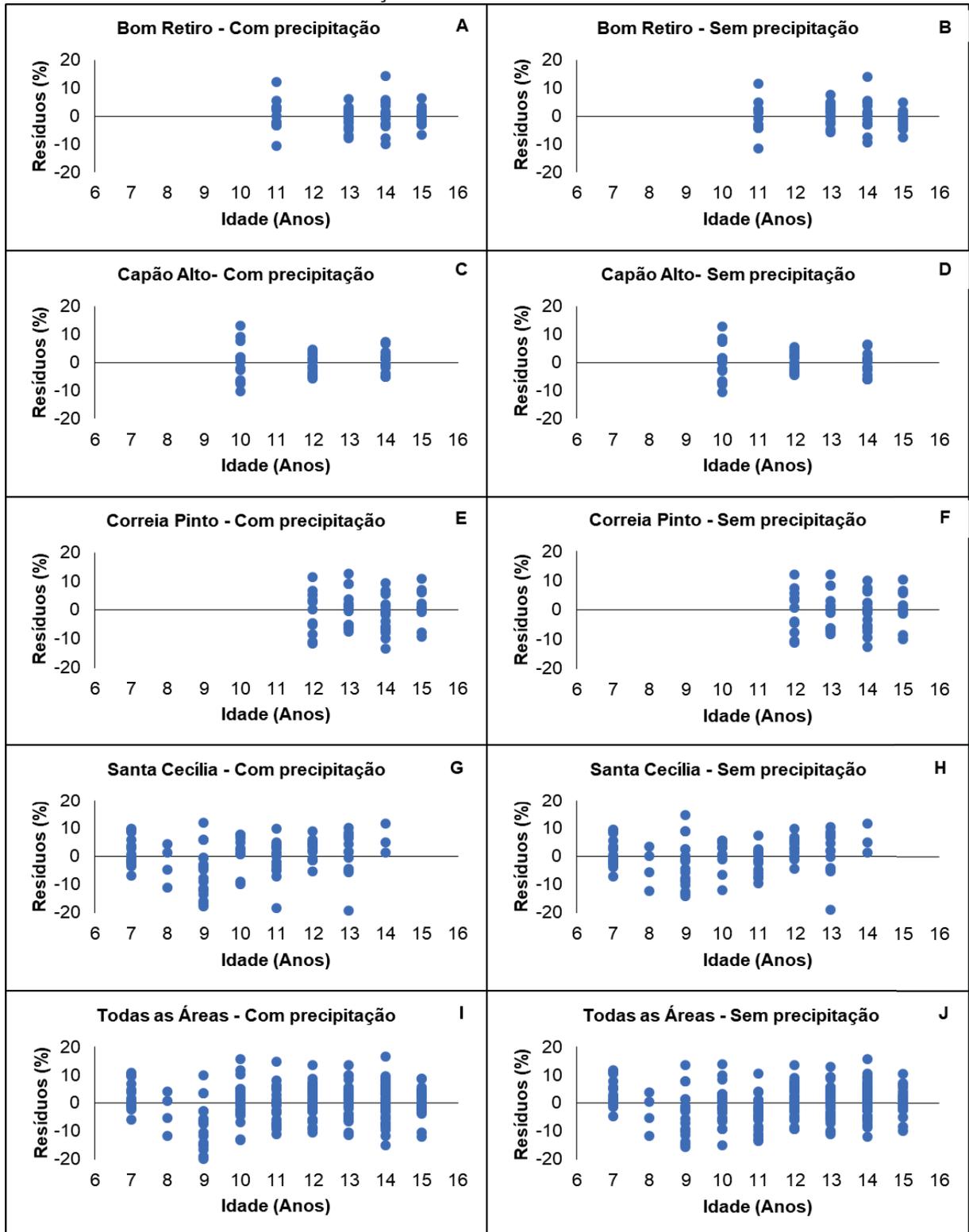
TABELA 3 – COEFICIENTES E AVALIAÇÃO DO MODELO DE SCHUMACHER-HALL COM E SEM A VARIÁVEL PRECIPITAÇÃO PARA ESTIMAR ALTURA DOMINANTE.

Áreas	Modelo com a variável precipitação	Modelo sem a variável precipitação
Bom Retiro	β_0 : 3,6310 β_1 : -1,4872 R^2_{ajust} : 0,7474 S_{yx} (m): 1,0526 S_{yx} (%): 4,86	β_0 : 3,8154 β_1 : -9,7354 R^2_{ajust} : 0,7481 S_{yx} (m): 1,0511 S_{yx} (%): 4,8529
Capão Alto	β_0 : 3,6292 β_1 : -1,4824 R^2_{ajust} : 0,8303 S_{yx} (m): 0,9578 S_{yx} (%): 4,66	β_0 : 3,7732 β_1 : -8,9415 R^2_{ajust} : 0,8345 S_{yx} (m): 0,9397 S_{yx} (%): 4,57
Correia Pinto	β_0 : 3,4521 β_1 : -1,0574 R^2_{ajust} : 0,2699 S_{yx} (m): 1,4429 S_{yx} (%): 6,58	β_0 : 3,6264 β_1 : -7,2662 R^2_{ajust} : 0,2898 S_{yx} (m): 1,4231 S_{yx} (%): 6,48
Santa Cecília	β_0 : 3,4889 β_1 : -1,3248 R^2_{ajust} : 0,8112 S_{yx} (m): 1,2702 S_{yx} (%): 7,45	β_0 : 3,5493 β_1 : -7,0957 R^2_{ajust} : 0,8231 S_{yx} (m): 1,2331 S_{yx} (%): 7,23
Todas as Áreas	β_0 : 3,61,08 β_1 : -1,5079 R^2_{ajust} : 0,8320 S_{yx} (m): 1,3305 S_{yx} (%): 6,73	β_0 : 3,6922 β_1 : -8,2672 R^2_{ajust} : 0,8475 S_{yx} (m): 1,2675 S_{yx} (%): 6,41

FONTE: O autor (2021).

LEGENDA: β = parâmetros já estimados; R^2_{ajust} = Coeficiente de determinação ajustado, S_{yx} (m): erro padrão da estimativa em metros e $S_{yx}\%$: erro padrão de estimativa em porcentagem.

FIGURA 2 – GRÁFICO DE RESÍDUOS REFERENTE AOS MODELOS DE SCHUMACHER-HALL COM E SEM A VARIÁVEL PRECIPITAÇÃO PARA ESTIMAR ALTURA DOMINANTE.



FONTE: O autor (2021).

Machado *et al.* (2014) ao avaliar o efeito das variáveis climáticas no crescimento mensal em altura (m) e DAP (cm) para a mesma espécie, verificaram que

a precipitação pode ser utilizada para estimar DAP e a temperatura mínima para estimar a altura. Segundo Stape et al. (1997) produtividade é muito dependente da precipitação ocorrida ao longo do processo de desenvolvimento das plantas. No caso da presente pesquisa, quando maior o período de chuva melhor era o crescimento em altura.

Temps (2005) também ao avaliar o crescimento em altura dominante de um plantio de *Pinus taeda*, verificou que a variável precipitação média melhor explicava esta variável dependente, com uma correlação entre 0,51 e 0,53.

Scolforo et al. (2013) ao estudar os efeitos da inserção de variáveis climáticas em *Eucalyptus grandis* como covariáveis de um modelo de altura dominante, observaram que precipitação média mensal e temperatura podem ser utilizadas para estimar essa variável, seu incremento médio anual e o sítio. Os autores fizeram um comparativo do modelo de Chapman-Richards com e sem as variáveis climáticas, e verificaram um aumento de 4,3% no coeficiente de determinação e uma redução de 0,16 m no erro padrão da estimativa. Isso se traduz em um ganho de precisão de 6,9%. Snowdon et al. (1998) obteve valores semelhantes de ganho de precisão usando o modelo de Schumacher-Hall para estimar a altura em um experimento de espaçamento de *Pinus radiata*.

Diferente da altura dominante, a incorporação da variável precipitação não apresentou resultados satisfatórios para estimar o volume. Porém, mesmo sem a variável precipitação, considerando apenas a idade, a modelagem não foi considerada apropriada para as áreas Bom Retiro, Capão Alto e Correia Pinto, com o coeficiente de determinação $< 0,60$ e $S_{yx} (\%) > 10\%$. Apenas para área de Santa Cecília e considerando todas as áreas, o ajuste do modelo apresentou resultados satisfatórios ($R^2_{ajustado} > 0,60$), entretanto, o erro foi considerado alto ($S_{yx} (\%) > 10\%$) (Tabela 4). A variação do resíduo também foi maior para a variável volume (Figura 3) variando entre 60% e 70%.

Diferente do observado na presente pesquisa, no estudo de Snowdon et al. (1998) ao avaliar o mesmo modelo (Schumacher-Hall) observam que as variáveis climáticas conseguiram explicar o crescimento em volume, além da altura dominante e a área basal. Um dos motivos que podem ter influenciado nestes resultados, seria a base de dados restrita às avaliações de idade (avaliações entre 7 a 15 anos), bem como a pouca variação média da precipitação e a baixa diferença entre as alturas dominantes e o volume total entre as idades.

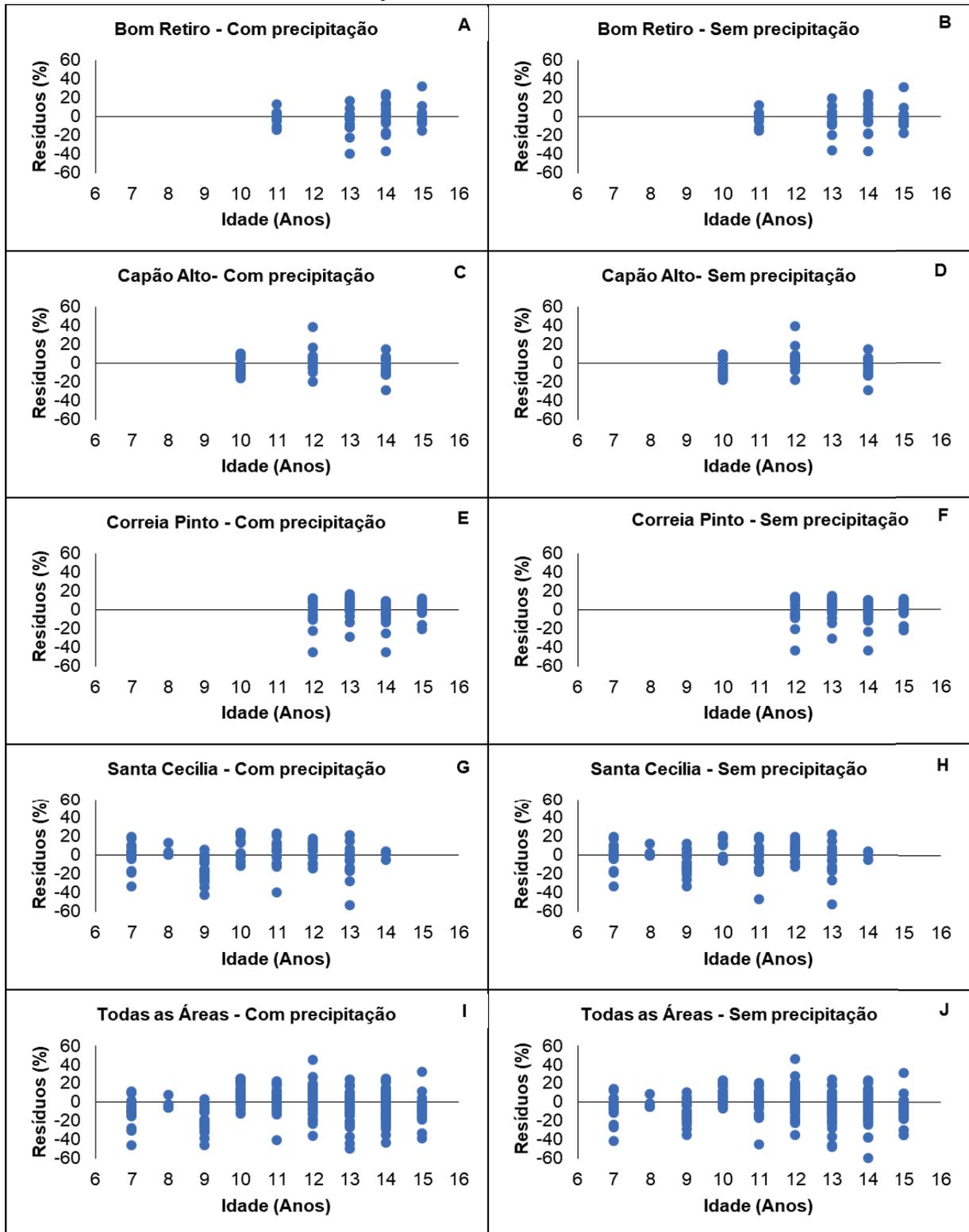
TABELA 4 – COEFICIENTES E AVALIAÇÃO DO MODELO DE SCHUMACHER COM E SEM A VARIÁVEL PRECIPITAÇÃO PARA ESTIMAR VOLUME.

Áreas	Modelo com a variável precipitação	Modelo sem a variável precipitação
Bom Retiro	β_0 : 7,0184 β_1 : -1,9811 R^2_{ajust} : 0,3996 S_{yx} (m): 74,6223 S_{yx} (%): 13,88	β_0 : 7,2757 β_1 : -13,1208 R^2_{ajust} : 0,4092 S_{yx} (m): 74,0229 S_{yx} (%): 13,77
Capão Alto	β_0 : 7,0424 β_1 : -1,8160 R^2_{ajust} : 0,4270 S_{yx} (m): 75,5715 S_{yx} (%): 13,77	β_0 : 7,1912 β_1 : -10,6288 R^2_{ajust} : 0,3977 S_{yx} (m): 77,4795 S_{yx} (%): 14,12
Correia Pinto	β_0 : 6,9054 β_1 : -2,0485 R^2_{ajust} : 0,3017 S_{yx} (m): 57,3462 S_{yx} (%): 11,57	β_0 : 7,2472 β_1 : -14,1321 R^2_{ajust} : 0,3249 S_{yx} (m): 56,3848 S_{yx} (%): 11,38
Santa Cecília	β_0 : 7,2769 β_1 : -2,6746 R^2_{ajust} : 0,7913 S_{yx} (m): 59,9518 S_{yx} (%): 15,05	β_0 : 7,4131 β_1 : -14,4625 R^2_{ajust} : 0,8226 S_{yx} (m): 55,2694 S_{yx} (%): 13,88
Todas as Áreas	β_0 : 7,1281 β_1 : -2,3401 R^2_{ajust} : 0,6016 S_{yx} (m): 78,3319 S_{yx} (%): 16,39	β_0 : 7,2727 β_1 : -13,0649 R^2_{ajust} : 0,6430 S_{yx} (m): 74,1466 S_{yx} (%): 15,52

FONTE: O autor (2021).

LEGENDA: β = parâmetros já estimados; R^2_{ajst} = Coeficiente de determinação ajustado, S_{yx} (m): erro padrão da média em metros e $S_{yx}\%$: erro padrão de estimativa em porcentagem.

FIGURA 3 – GRÁFICO DE RESÍDUOS REFERENTE AOS MODELOS DE SCHUMACHER-HALL COM E SEM A VARIÁVEL PRECIPITAÇÃO PARA ESTIMAR O VOLUME.

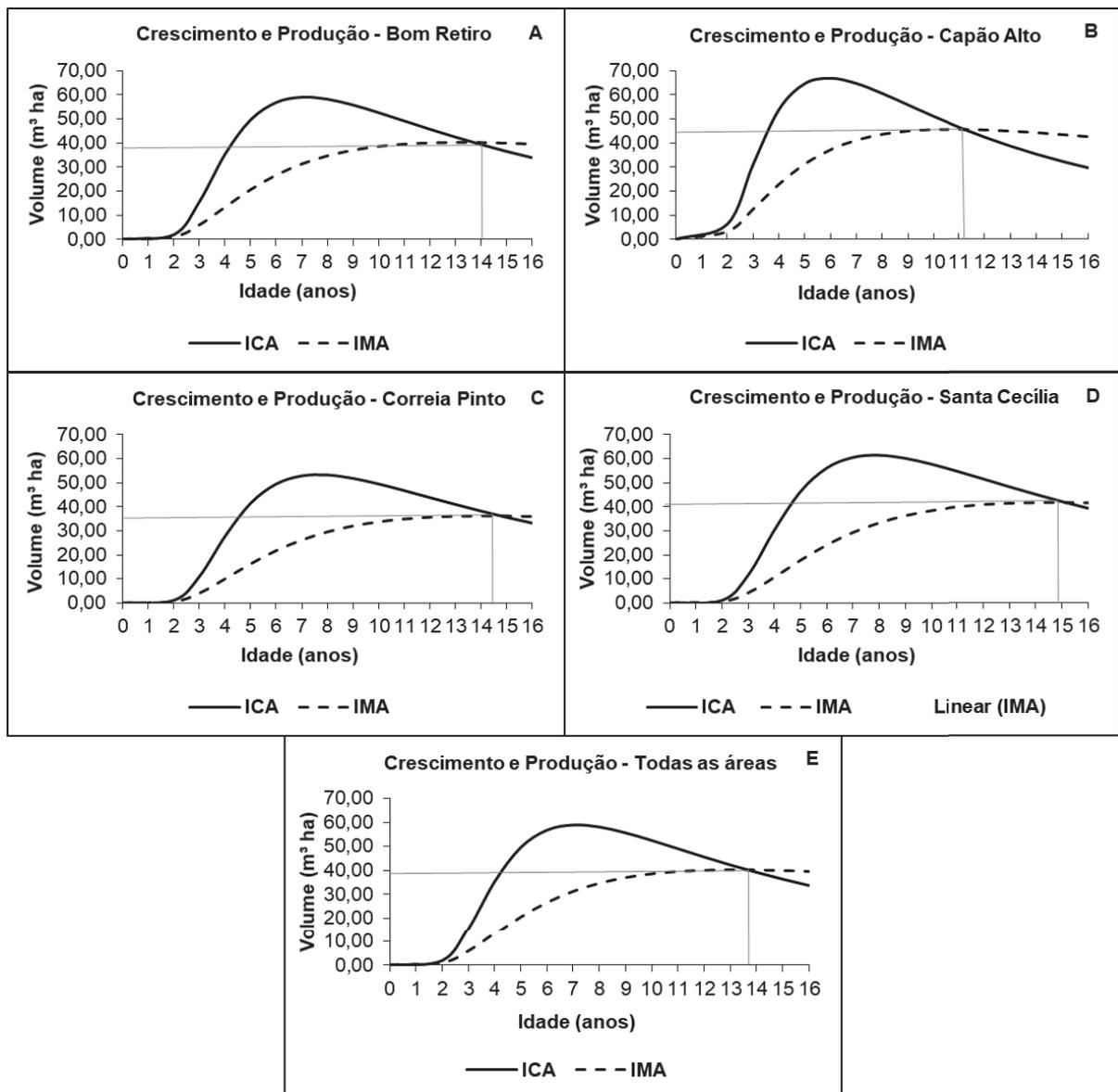


FONTE: O autor (2021).

Ao avaliar o incremento corrente e médio anual em volume pelo modelo tradicional de Schumacher-Hall, verifica-se que a idade técnica de corte do plantio na

maioria das áreas, e considerando todas as áreas foi de 14 anos (Figura 4 A, C), com exceção da área de Capão Alto que foi menor que 12 anos (Figura 4 B) e Santa Cecília que ficou próxima de 15 anos (Figura 4 D). Segundo IBA (2019) em 2019 o pinus apresentou uma produtividade média de $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no Brasil, percebe-se que para a idade técnica de corte os plantios tiveram produtividade próxima, igual ou superior à média do país.

FIGURA 4 – GRÁFICO REFERENTE AS CURVAS DE ICA E IMA EM VOLUME PELO MODELO SCHUMACHER-HALL.



FONTE: O autor (2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Adicionando a PP no modelo de Schumacher-Hall, aplicado no crescimento e produção florestal, verificou-se que a estimativa do volume e altura dominante foi menos acurada do que sem a inclusão da variável climática na modelagem. Entretanto a estimativa de altura dominante (hdom) com a inclusão da variável climática ficou muito próxima do modelo sem a inclusão da variável, permitindo estimar esta com a presença da precipitação. Por fim, o modelo de Schumacher-Hall com a inclusão da variável independente PP pode gerar estimativas mais precisas se a coleta de dados de precipitação ocorrer em regiões que possuam maior variação da PP.

REFERÊNCIAS

- ABREU, E. C. R. **Modelagem para prognose precoce do volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis***. 2000. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG), 2000.
- AGUIAR, A.V.; de SOUZA, V. A.; FRITZSONS, E.; PINTO JÚNIOR, J. E. **Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas**. Documentos, n. 233, p.1-81, 2011. Boletim técnico.
- ALCANTARA, G. B.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; RIBAS, K. C. Z.; KOEHLER, H. S. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de mini estacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 399-404, 2007.
- ARCE, J. E. **Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização de custos**. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- ASSMANN, E. **Waldetragskunde**. Muenchen: BLV Verlagsgesellschaft, 435 p., 1961.
- CLUTTER, J. C.; FORTSON, J. C.; PLENAAR, L. V.; BRISTER, G. H. e BAILEY, R. L. **Timber management: a quantitative approach**. 3. ed. New York: John Willey, 1983, 333 p.
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: PRODEPEF/PNVD/FAO/BRA, n. 11, 45 p., 1978. Série Técnica.
- IBA. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ - 2019**. São Paulo: IBA, 2020. Relatório técnico.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados Históricos**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/>. Acesso em: 10/09/2021.

- MACHADO, S. D. A.; ZAMIN, N. T.; NASCIMENTO, R. G. M.; SANTOS, A. A. P. D. Efeito de variáveis climáticas no crescimento mensal de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* em fase juvenil. **Floresta e ambiente**, v. 21, n. 2, p. 170-181, 2014.
- MIRANDA, R. O. V.; DIAS, A. N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SOARES, I. D.; CRUZ, J. P. Modelagem do crescimento e produção em classes de precipitação pluviométrica para *Eucalyptus* sp. **Floresta**, v. 45, n.1, p.117-128, 2014.
- RUFINI A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. D.; MELLO, J. M. D. Equações volumétricas para o cerrado *Sensu stricto*, em Minas Gerais. **Cerne**, v. 16, p. 1-11, 2010.
- SCHEEREN, L. W. **Estruturação da produção de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* Smith manejados em alto fuste**. 181 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- SCOLFORO, J. R. Modelos para expressar o crescimento e a produção florestal. Lavras: **Esal/Faepe**, 393 p., 1994.
- SCOLFORO, J. R. S.; MAESTRI, R.; FERRAZ FILHO, A. C.; DE MELLO, J. M.; DE OLIVEIRA, A. D.; DE ASSIS, A. L. Dominant height model for site classification of *Eucalyptus grandis* incorporating climatic variables. **International Journal of Forestry Research**, v. 2013, 2013.
- SNOWDON, P.; BENSON, M. L.; WOOLLONS, R. C. Incorporation of climatic indices into models of growth of *Pinus radiata* in a spacing experiment. **New Forests**, v. 16, n. 2, p. 101-123, 1998.
- STAPE, J. L.; GOMES, N. A.; ASSIS, T. F. Estimativa da produtividade de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus grandis* x *urophylla* no nordeste do Estado da Bahia – Brasil em função das variabilidades pluviométricas e edáficas. In: **Anais do Iufro Conference on Silviculture and Improvement of Eucalyptus**; 1997. Colombo: EMBRAPA/CNPQ; 1997. p. 192-198.
- STEPKA T. F.; JUNIOR, G. Z.; LISBOA, G. D. S.; CERQUEIRA, C. L.; PESCK, V. A. ROIK, M. Modelos volumétricos e funções de afilamento para *Pinus taeda* L. na Região dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Revista Espacios**, v. 38, n. 21, p. 26-34, 2017.
- TEMPS, M. **Adição da precipitação pluviométrica na modelagem do crescimento e da produção florestal em povoamentos não desbastados de *Pinus taeda* L.** 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, 2005.