

Volume, incremento e crescimento em povoamentos clonais e seminais de Teca com danos na copa

Volume, increment and growth in clonal and seminal canopy damages stands of Teak

Fernando Henrique Gava¹ • Ronaldo Drescher² • Sidney Fernando Caldeira² • Julio Cesar Wojciechowski³
• Marcos Antonio Camargo Ferreira⁴ • José Guilherme Roquette⁵ • Diogo Guido Streck Vendruscolo¹

Recibido: 12/5/2020

Aceptado: 10/3/2021

Publicado: 1/8/2021

Abstract

The aim of the study was to adjust volume and growth models and analyze the increments of six years old teak clones and seminal material influenced by canopy breakage. Diameter at breast height (DBH), commercial (hc) and total height (h) were measured in a randomized block experiment in with five treatments using clonal and seminal teak material. Ten trees from each treatment were cubed and the mean volumes were compared models (DBH, h and volume). Schumacher-Hall model was chosen for clone 68 and the Modified Prodan model for the other treatments. DBH and volume were expressed by the Moissev model and height by the Backman model. DBH and h CAI and MAI are negatively affected by canopy damage and clones had the greatest gains in productivity, especially the clone 61.

Key words: CAN, MAN, Modeling, Prodan Modified and Productivity.

1. Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. fngava@hotmail.com; diogoguido@hotmail.com
2. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. ronaldodrescher@gmail.com; sidneycal@gmail.com
3. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Estadual de Mato Grosso, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. cw.julio@gmail.com
4. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. macfloresta@gmail.com
5. Procuradoria Geral de Justiça de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. guilhermeroquette@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo do estudo foi ajustar modelos de volume e crescimento e analisar os incrementos de clones e material seminal de Teca aos seis anos influenciados por quebra de copa. Foram medidos o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura comercial (hc) e total (h) de árvores de teca em um experimento de blocos casualizados com cinco tratamentos clonais e um seminal de Teca. Foram cubadas 10 árvores de cada tratamento e comparada as médias dos volumes, ajustando modelos de volume e crescimento (DAP, h e volume). O modelo de Schumacher-Hall foi escolhido para o clone 68 e para os demais tratamentos o de Prodan Modificado. O crescimento foi expresso pelo modelo de Moissev para DAP e volume e Backman para altura. O ICA e IMA para DAP e h são afetados negativamente por danos na copa e os clones tiveram os maiores ganhos em produtividade, destacando o clone 61.

Palabras clave: ICA, IMA, modelagem, Prodan Modificado, produtividade.

Introdução

A Teca é plantada em regiões da África, América Tropical, Oceania e Ásia, com destaque pela beleza e qualidade dos produtos no mercado internacional entre as espécies produtoras de madeira [1], [2], [3], [4], [5].

No Estado de Mato Grosso, povoamentos de Teca foram implantados no início dos anos 60 e as sementes provenientes de Trinidad e Tobago [6], [7]. Atualmente, para produção de madeira, a Teca é a espécie mais plantada em no Estado [8], [9], [10].

O crescimento da árvore é influenciado por fatores genéticos, que interagem com o meio ambiente, como solo, topografia e competição [11]. Isto ocorre em clones de Teca, que apresentam maiores características de crescimento [12], [13] com produtividades maiores que 30 % em volume comparado com plantas seminais [14].

Mesmo com o melhoramento genético aumentando a produtividade, o povoamento florestal pode ser manejado para que as árvores tenham as características desejadas, definindo então, o ritmo de crescimento mais adequado do povoamento [15].

O crescimento de florestas pode ser expresso através de modelos matemáticos que fazem a prognose do

crescimento e da produção sob várias condições edafoclimáticas [16]. Assim como o volume de uma árvore pode ser estimado com auxílio de equações de maneira prática, simples e rápida [17], [18], [19], [11], o modelo de Schumacher-Hall tem um grande destaque na estimativa de volume e seu emprego eficiente para *Tectona grandis* [20], [21], [19], [22], [23], [9], [24], [25], porém para Teca outros modelos foram melhor ajustados [18].

O objetivo do estudo foi ajustar modelos de volume e crescimento em DAP, altura e volume e analisar os incrementos de clones e material seminal de Teca aos seis anos influenciados por danos na copa no primeiro desbaste.

Material e métodos

O estudo foi realizado em um plantio florestal de *Tectona grandis* no município de Figueirópolis D'Oeste, sudoeste do estado de Mato Grosso (localizado em área circunscrita à coordenada 15°27'24.62"S e 58°38'17.49"O).

O clima da região é categorizado como do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen [26], com temperatura média máxima de 32,4 °C e a mínima anual média de 20,3 °C e precipitação anual variando de 1500 a 1800 mm [27]. A vegetação é característica de Savana com influência do Pantanal e presença de fragmentos da Floresta Amazônica.

O experimento foi implantado em 2008 em delineamento de blocos casualizados com seis tratamentos, compostos pelos clones 61, 62, 63, 68 e 80 e por plantas seminais de *Tectona grandis*. Os clones 61, 62, 63 e 68 procedem de Perlis, Malásia e o clone 80 das Ilhas Salomão [27]. Cada tratamento possui quatro blocos e cada bloco uma área de 306,25 m² totalizando 1.225 m² em espaçamento de 3,5 x 3,5 metros.

Nos experimentos ocorreram desrama aos quatro anos e desramas de manutenção ano a ano após essa idade. Aos seis anos foi verificado danos de quebra de copa nos experimentos sem saber se houve danos nos anos anteriores.

Do segundo ao sexto ano foram coletados nas parcelas permanentes de inventário o diâmetro à altura do peito (DAP), e com auxílio de hipsômetro eletrônico Haglof a altura comercial (hc) e total (h) das árvores de cada tratamento. Aos seis anos procedeu-se a cubagem rigorosa de 10 árvores por tratamento pelo método de Smalian segundo a distribuição diamétrica a partir do DAP médio e desvio padrão [28]. Após a cubagem foram estimados os volumes nas idades anteriores através da ANATRO de discos coletados nas alturas da cubagem.

Tabela 1. Modelos de volume ajustados.

Table 1. Adjusted volume models.

No.	Modelo de volume	Autor ¹
1	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(\text{DAP}) + \beta_2 \cdot \ln(h)$	Schumacher-Hall
2	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(\text{DAP}) + \beta_2 \cdot \ln^2(\text{DAP}) + \beta_3 \cdot \ln(h) + \beta_4 \cdot \ln^2(h)$	Prodan Modificado
3	$v = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}^2 + \beta_2 \cdot \text{DAP} \cdot h + \beta_3 \cdot \text{DAP}^2 \cdot h$	Stote
4	$v = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}^2 + \beta_2 \cdot h + \beta_3 \cdot \text{DAP}^2 \cdot h$	Meyer Modificado
5	$v = \beta_0 + \beta_1 \cdot (\text{DAP}^2 \cdot h)$	Spurr
6	$v = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}^2 + \beta_2 \cdot \ln(\text{DAP}^2 \cdot h) + \beta_3 \cdot \text{DAP} \cdot h^2 + \beta_4 \cdot h^2$	Näslund Modificado
7	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot 1/t$	Schumacher

Onde: v = volume (m³); DAP = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total; y = variável dependente; t = tempo (idade); ln = logaritmo neperiano; exp = exponencial; βl = coeficiente de regressão. 1 [5]

Tabela 2. Modelos de crescimento ajustados.

Table 2. Adjusted growth models.

No.	modelos de crescimento	Autor ¹
1	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(t) + \beta_2 \cdot \ln(t^2)$	Backman
2	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(t) + \beta_2 \cdot t$	Gram
3	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot 1/t + \beta_2 \cdot \ln(t)$	Hoerl
4	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot (t^2) + \beta_3 \cdot (t^3)$	Moissev
5	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot 1/t + \beta_2 \cdot (1/t)^2 + \beta_3 \cdot (1/t)^3$	Spillmam
6	$y = \beta_0 \cdot [1 - \exp(-\beta_1 \cdot t)]^{\beta_2}$	Chapman-Richards
7	$y = \beta_0 \cdot [1 - \exp(-\beta_1 \cdot t)]$	Mitscherlich

Onde: y = variável dependente; t = tempo (idade); ln = logaritmo neperiano; βl = coeficiente de regressão; exp = exponencial. 1 [5]

De posse das informações realizou-se a modelagem do crescimento em DAP, h e volume ao longo dos anos com os dados de ANATRO (Tabela 1 e 2). Foram simulados os incrementos correntes e médio anual das árvores médias de cada tratamento. A produtividade para cada tratamento foi realizada ao sexto ano, simulando o desbaste por classes de DAP e comparando qual tratamento teve maior crescimento volumétrico

Para escolha dos melhores modelos considerou-se o maior coeficiente de determinação ajustado (R²aj), o menor erro padrão da estimativa (S_{yx}%) e a melhor distribuição gráfica dos resíduos. Os volumes aos seis anos de idade foram submetidos ao teste de médias Scott-Knot para verificar se houve diferença estatística entre os tratamentos. As análises foram processadas com o software estatístico R [29] Core Team e Excel.

Resultados e discussão

Dos modelos de volume testados, o de Prodan Modificado foi o que melhor estimou os dados com parâmetros estatísticos Syx% abaixo de 8,73% e R²aj maior que 0,85 (Tabela 3). Foi verificada também ausência de tendências para as equações, podendo então ser utilizadas para as estimativas volumétricas de Teca.

O modelo de Schumacher-Hall destaca-se pela aplicabilidade em povoamentos de Teca [20], [21], [19], [30], [13], [25], [31], para este estudo, tal modelo foi o melhor apenas para o clone 80, porém para os outros clones e plantas seminais o melhor modelo foi de Prodan Modificado.

Tabela 3. Coeficientes e parâmetros estatísticos do modelo de Prodan Modificado ajustado para o volume no município de Figueirópolis D'Oeste.**Table 3.** Statistical parameters and coefficients of adjusted Prodan Modified model for volume in Figueirópolis D'Oeste municipality.

Trat.	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	Syx%	R ² aj
61	-72,74	29,90	-4,699	16,414	-2,82	7,44	0,85
62	68,551	-89,22	14,713	45,072	-7,77	5,65	0,91
63	-67,69	18,23	-2,612	24,728	-4,37	3,72	0,98
68	-33,5	15,502	-2,248	3,3411	-0,46	5,83	0,93
80*	-6,441	1,5663	0,0914	-	-	5,20	0,89
Semi	-19,31	40,48	-6,725	-31,11	5,59	5,78	0,92

Em que: Trat.= Tratamento; β_i = Coeficientes de regressão; Syx%= Erro padrão das estimativas em percentagem; R² aj.= Coeficiente de determinação ajustado. * Equação selecionada de Schumacher-Hall.

Tabela 4. Volumes estimados gerados pela floresta para cada tratamento de Figueirópolis D'Oeste.**Table 4.** Estimated volumes by forest for each treatment in Figueirópolis D'Oeste.

Tratamento	Volume estimado (m ³ .ha ⁻¹)
61	173,89 a
62	151,33 b
63	144,48 b
68	137,64 b
80	100,66 c
Seminal	97,47 c
Média	134,24
F	12,98*
CV (%)	12,35

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott (5 %); * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F (P<0,01); CV (%): coeficiente de variação em percentagem.

Esta equação apresentou pouca diferença nas estatísticas de seleção comparada ao de Schumacher-Hall [13]. O mesmo ocorreu com Chaves [18] que acabou escolhendo o modelo de Meyer em seu estudo.

Os modelos que estimam o volume para Teca podem variar conforme o local e é importante ajustar e manejar o povoamento observando as características locais para minimizar os erros, ainda mais o volume que é uma variável de comercialização. A teca se destaca por ser uma madeira com alto valor econômico, rápido crescimento e que gera uma alta produtividade [30].

Dessa maneira o tratamento com maior volume foi o clone 61 com 173,89 m³.ha⁻¹, os de menores volumes foram o clone 80 e plantas seminais com 100,66 e

97,47 m³.ha⁻¹ respectivamente. Os clones 62, 63 e 68 não diferiram estatisticamente, com 151,33, 144,48 e 137,64 m³.ha⁻¹, respectivamente, sendo estatisticamente superiores aos tratamentos 80 e seminal e inferiores ao clone 61 (Tabela 4). Verificou-se que o clone 61 teve volume superior quando comparados a outros trabalhos para povoamentos jovens não desbastados de Teca [32], [33], [34], [24], [31].

Para o crescimento em DAP a equação de Moisev foi selecionada para todos os tratamentos, sendo que os clones 61, 62, 63 e 80 foram estimados com erro padrão de estimativa inferior a 9,5 % e clone 68 e plantas seminais com erro padrão de 11,45 e 12,70 %, respectivamente. O coeficiente de determinação ajustado ficou acima de 0,82 para todos os tratamentos.

Houve algumas superestimativas dos modelos aos dois e três anos, o que é comum, pois é um período em que a árvore cresce mais em altura para se estabilizar [21], [19], [11]. Chaves [18] verificou as mesmas tendências nas idades iniciais para as equações de Spillman e Chapman-Richards.

Na Figura 1 é possível observar as curvas de incremento corrente anual (ICADAP) e incremento médio anual (IMADAP) de DAP, sendo o clone 80 e plantas seminais os tratamentos com os menores incrementos.

Os valores de DAP deste estudo foram superiores aos de Drescher [9] em povoamentos de Teca no Estado de Mato Grosso (15,8 cm aos seis anos para o melhor sítio, 20 m), Mollinedo et al. [35] em Canal do Panamá (3,5 cm para melhor sítio), Tonini et al. [24] em Iracema Estado de Roraima (8,89 aos sete anos) e Chaves [6] em Figueirópolis D'Oeste (15 cm aos seis anos).

O crescimento em altura foi melhor ajustado pelo modelo de Backman com erro inferior a 12 % e coeficiente de determinação ajustado superior a 0,85 para todos os tratamentos. Para este estudo os tratamentos sofreram

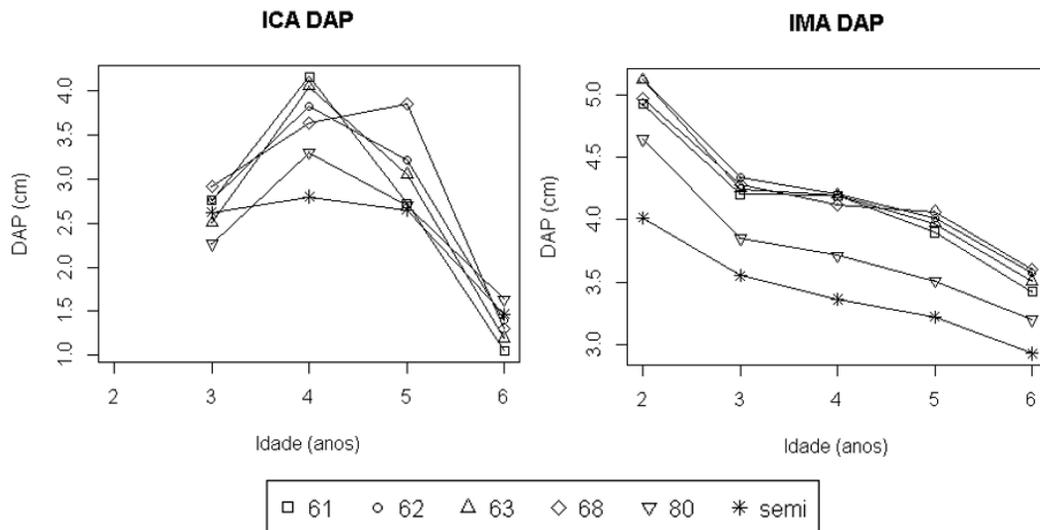


Figura 1. Incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) em DAP de árvore média para os tratamentos de Figueirópolis D'Oeste.

Figure 1. Current annual increment (CAI) and annual average increment (AAI) in dbh for the Figueirópolis D'Oeste treatments.

danos nas copas ocasionados por ventos fortes que influenciaram no crescimento em altura.

Os clones foram os mais prejudicados, com o clone 68 possuindo mais de 95 % de seus indivíduos com a copa quebrada, aumentando o erro na estimativa do seu crescimento em altura. Os ajustes para o clone 68 foram os menores dentre os tratamentos, com um S_{yx} % igual a 11,75 % e R^2_{aj} de 0,8387.

O clone 61 foi o que mais cresceu em altura até os três anos, porém por ocupar a maior parte do dossel e estar mais susceptível a ação dos ventos sofreu danos na copa aos três anos e teve seu incremento corrente em altura reduzido em 2,10 m, dos três para os quatro anos (Figura 2). Aos cinco anos houve um rápido crescimento deste clone que se igualou aos demais, com um incremento corrente de 1,7 m em altura.

O clone 80 e plantas seminais também sofreram reduções no incremento corrente anual em altura (ICA_h), que ocorreram dos quatro para os cinco anos. Essas reduções implicam que o comprimento do fuste quebrado foi maior que o incremento corrente em altura no período considerado para cada um desses três tratamentos. Mesmo não sendo os tratamentos com as maiores quantidades de indivíduos danificados foram os que tiveram os maiores danos ao longo do fuste nas idades iniciais.

Essas quedas nas curvas de ICA e IMA para altura não são comuns para povoamentos de Teca [32], [21], [24]. Para o crescimento em volume o modelo selecionado foi

o de Moisev com coeficiente de determinação ajustado superior a 0,86 para todos os tratamentos e erro padrão da estimativa abaixo de 24,1 %.

As estimativas deste modelo para o plantio seminal apresentaram R^2_{aj} de 0,92 e S_{yx} % de 12,3 % seguido pelos clones 62, 68, 80, 61 e 63, tendo o clone 63 erro padrão e coeficiente de determinação ajustado de 24,18 % e 0,84 respectivamente.

Superestimativas existem nos primeiros anos para todos os tratamentos, sendo maiores que 60 % para o clone 62 e plantas seminais, evidenciando a fragilidade de crescimento apical para clones.

Os valores de ICA em volume não foram tão afetados quanto os valores em altura, pois a altura é uma variável isolada com efeito direto no volume, já o DAP é calculado ao quadrado e não teve seu ritmo de crescimento tão afetado quanto para a altura por causa da quebra da copa das árvores, influenciando na estimativa do volume. Isso afeta a estimativa do volume, que apresentou uma estagnação nos últimos anos (Figura 3).

O volume encontrado por Rossi et al. [30] para Teca em monte Dourado – PA foi de 0,094 m³, aos seis anos. Chaves [18] ajustou o modelo de Chapman-Richards com S_{yx} % de 25% e R^2_{aj} de 0,88 estimando para Teca aos seis anos, atingindo um volume médio de 0,0122 m³, inferiores a todos os tratamentos.

Como o clone 61 é o tratamento que possui maior crescimento em volume e maiores características de

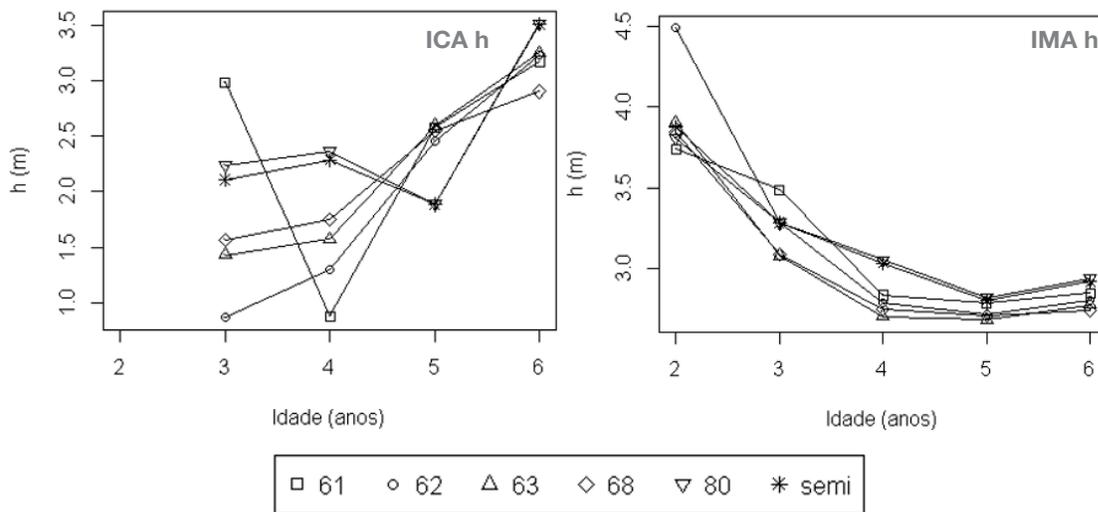


Figura 2. Incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) em altura (h) de árvore média para os tratamentos de Figueirópolis D'Oeste.
 Figure 2. Current annual increment (CAI) and annual average increment (AAI) in height for the Figueirópolis D'Oeste treatments.

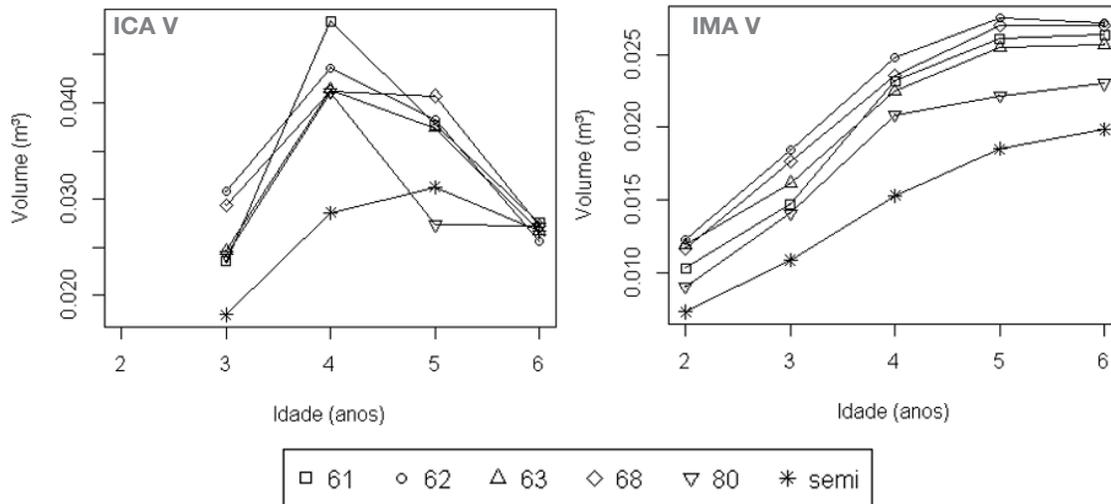


Figura 3. Incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) em volume de árvore média para os tratamentos de Figueirópolis D'Oeste.
 Figure 3. Current annual increment (CAI) and annual average increment (AAI) in volume for the Figueirópolis D'Oeste treatments.

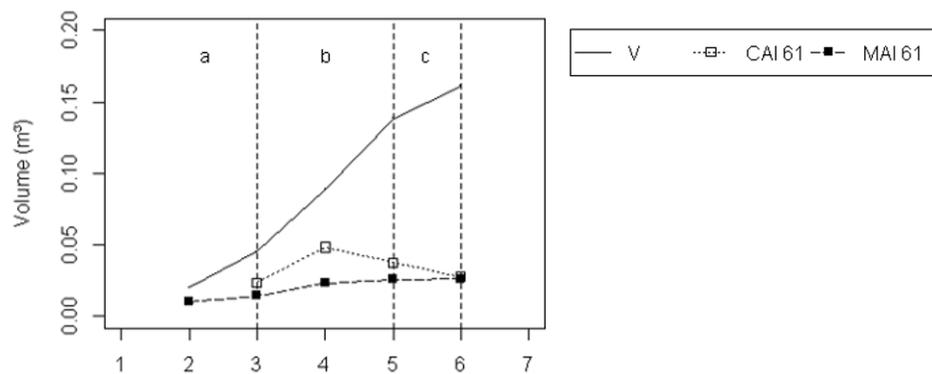


Figura 4. Crescimento acumulado, incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) em volume médio individual para o clone 61.
 Figure 4. Accumulated growth, current annual increment (CAI) and annual average increment (AAI) in individual average volume for clone 61.

crescimento, na figura 4 foi representado seu crescimento junto aos incrementos médio e corrente.

O crescimento acumulado assemelha-se a uma curva sigmoideal com crescimento inicial lento (a), crescimento rápido (b) e crescimento médio (c) [17], [21], [36], [37].

O clone 61 com seis anos de idade, no espaçamento de 3,5 x 3,5 m, com 800 árv.ha⁻¹, sem sofrer desbaste, tem as curvas de ICA e IMA próximas a se tocarem aos seis anos. Este encontro das curvas serve de ferramenta para indicar a necessidade de desbaste [17], o que caracteriza a intervenção do desbaste para o clone 61 antes dos seis anos, podendo melhorar seu crescimento subsequente e a diminuição de danos por quebra de copa.

Conclusão

O modelo de volume selecionado para os clones 61, 62, 63 e 68 e material seminal afetados por quebra de copa foi o de Proda Modificado, aos seis anos. Para o clone 80 com quebra de copa foi o modelo de Schumacher-Hall.

O melhor modelo de crescimento para estimativa de DAP e volume foi o de Moissev para DAP e volume e de Backman para h. As estimativas do ICA e IMA para DAP e h dos clones e plantas seminais são afetados negativamente ao longo dos anos pela quebra de copa até o primeiro desbaste.

O clone 61 é o tratamento com maior quebra de copa e com a maior capacidade de recuperação, sendo o tratamento com maior produtividade para Teca aos seis anos.

Os danos na copa das árvores clonais e seminais de Teca afetaram o ritmo de crescimento em altura de forma negativa, verificando quedas de incremento corrente em aos quatro e cinco anos.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e ao Fundo de Apoio à Madeira (FAMAD) pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

Referências

- [1] W. Koller, L. Cherubini, "Teak resources and market assessment 2010 (*Tectona grandis* Linn. F.)," FAO, Planted Forests and Trees Working Paper Series. Italia, Roma, Mar. 2012.
- [2] B. Krishnapillay, "Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca", *Unasylya*, vol.51, No. 201, pp. 14-21, 2000.
- [3] H.G. Leite, G.S. Nogueira, J.C.C. Campos, F.H. Takizawa, F.L. Rodrigues, "Um modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbaste", *Revista Árvore*, vol.30 no.1, pp.89-98, Nov. 2006. DOI: 10.1590/S0100-67622006000100011
- [4] M. C. Miranda. "Caracterização Morfológica e Avaliação do Desenvolvimento Inicial de Clones de Teca (*Tectona grandis* L.f.)", M.S. tese, Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2013.
- [5] N. Tanaka, T. Hamazaki, T. Vacharangkura, "Distribution, Growth and site requirements of teak", *Japan Agricultural Research Quarterly*, vol.32, pp.65-77, 1998.
- [6] Cáceres Florestal, Manual do reflorestamento da Teca, Cáceres – MT, Brasil, Cáceres Florestal, 2006.
- [7] G. S. Schuhli, E. Paludzyszyn Filho, "O cenário da silvicultura de teca e perspectivas para o melhoramento genético", *Pesquisa Florestal Brasileira*, vol.30, no.63, pp.217-230, 2010. DOI: 10.4336/2010.pfb.30.63.217
- [8] Famato, "Diagnóstico de Florestas Plantadas do Estado de Mato Grosso". Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA), Cuiabá – MT, Brasil. Nov. 2013.
- [9] C. A. M. Passos, L. Bufulin Junior, M.R. Gonçalves. "Avaliação silvicultural de *Tectona grandis* L.f., em Cáceres – MT, Brasil: resultados preliminares". *Ciência Florestal*, vol.16, no.2, pp.225-232, Apr. 2006.
- [10] L. Patroni. "Apesar do mercado consistente, futuro do cultivo de Teca em MT ainda é incerto," September, 2018. [Online]. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/canalruralmatogrosso/2018/09/22/apesar-do-mercado-consistente-futuro-do-cultivo-de-teca-em-mt-ainda-e-incerto/> [Acessado: 4 de maio de 2020]
- [11] C. A. G. Finger. Fundamentos de biometria florestal. Santa Maria – RS, Brasil: UFSM 1992.
- [12] D. K. Goh, O. Montenuuis, "Rationale for developing intensive teak clonal plantations, with special reference to Sabah", *Bois et Forêts des Tropiques*, vol.285, no.3, pp.5-15, 2005.
- [13] K. Palanisamy, K. Gireesan, V. Nagarajan, M. Hegde, "Selection and clonal multiplication of superior trees of teak (*Tectona grandis*) and preliminary evaluation of clones", *Journal of Tropical Forest Science*, vol.2, no.21, pp.168–174, May.2009.
- [14] D. K. S. Goh, O. Montenuuis, "Behaviour of the "YSG Biotech TG1-8" teak clones under various site conditions: first observations", *Bois et Forêts des Tropiques*, vol.311, no.1, pp.5-19, 2012.
- [15] A. F., Bezerra, "Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbaste", M.S. tese, Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

- [16] P. Spathelf, L. Nutto, Modelagem aplicada ao Crescimento e Produção Florestal – com exercícios resolvidos. Santa Maria – RS, Brasil, 2000.
- [17] C. C. Campos, H. G. Leite. Mensuração florestal: perguntas e respostas. Viçosa – MG, Brasil, Editora UFV, 2013.
- [18] A. G. S. Chaves. “Modelagem do crescimento e da produção de *Tectona grandis* Linn. f. até a idade de rotação”, M.S. tese, Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2013.
- [19] R. Drescher. “Crescimento e produção de *Tectona grandis* Linn f., em povoamentos jovens de duas regiões do estado de Mato Grosso – Brasil”, Ph.D. dissertação, Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2004.
- [20] T. R. Cotta, D. P. Cezana, M. O. Bauer, J. F. Chichorro. “Equação volumétrica para *Tectona grandis* L. F. de um povoamento no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES”. In: XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, São José dos Campos, 2009.
- [21] J. P. Cruz, H. L. Leite, C. P. B. Soares, J. C. C. Campos, L. Smit, G. S. Nogueira, “Curvas de crescimento e de índice de local para povoamentos de *Tectona grandis* em Tangará da Serra, Mato Grosso”, Revista *Árvore*, vol.32, no.4, pp.679-685, May. 2008. DOI: 10.1590/S0100-67622008000400009
- [22] A.Y. Moret, M. Jerez, A. Moura. “Determinación de ecuaciones de volumen para plantaciones de Teca (*Tectona grandis* Linn. f.) en la unidad experimental de la reserva forestal Caparo, Estado Barinas-Venezuela,” Revista Forestal Venezolana, vol.42, no.1, pp.41-50, May. 1998.
- [23] B. R. Oliveira. “Determinação do volume de cerne produzido em árvores de *Tectona grandis* L. f. em Mato Grosso”, M.S. Tese, Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2014.
- [24] H. Tonini, M. C. G. Costa, L. A. M. Schwengber, “Crescimento da Teca (*Tectona grandis*) em Reflorestamento na Amazônia Setentrional”, Pesquisa Florestal Brasileira, vol.59, pp.05-14, 2009. DOI:10.4336/2009.pfb.59.05
- [25] D. G. S. Vendruscolo, R. S. Silva, H. S. Souza, A. G. S. Chaves, A. S. Motta, “Modelos volumétricos para teca em diferentes espaçamentos em Cáceres, Mato Grosso”, Enciclopédia Biosfera, vol.10, no.19, pp.1333-1341, Dec. 2014.
- [26] C. A. Alvares, J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. M. Gonçalves, G. Sparovek, “Köppen’s climate classification map for Brazil”, Meteorologische Zeitschrift, vol.22, no.6, pp.711-728, Jan. 2014. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- [27] G. T. Maitelli. “Interações atmosfera-superfície”. In: Geografia de Mato Grosso: território, sociedade e ambiente, Cuiabá: Entrelinhas, 2005, pp. 238-249.
- [28] R. T. Hosokawa, A. L. Souza. Curso de Manejo Florestal. Class Lecture, Topic: “Módulo 9 – Manejo de produção florestal para fins específicos.” UFPR-UFV-ABEAS, Curitiba, 1987
- [29] R Foundation for Statistical Computing, R: A language and environment for statistical computing., Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [30] D. M. Novaes. “Modelagem de crescimento e produção de povoamentos de *Tectona grandis* L.f. a partir de análise de tronco”, M.S. tese, Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- [31] A. H. Vieira, R. B. Rocha, M. M. Bentes-Gama, M. Locatelli, “Desempenho de teca (*Tectona grandis*) em plantio adensado no Estado de Rondônia”. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, EMBRAPA, 14 f., 2008.
- [32] S. F. Caldeira, D. L. C. Oliveira, “Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades”, Acta Amazonica, vol.38, no.2, pp.223-228, 2008. DOI: 10.1590/S0044-59672008000200005
- [33] A. G. Ferreira, R. R. Melo. “Inventário florestal quantitativo de plantios de teca (*Tectona grandis* L.f.) e pinho-cuiabano (*Schizolobium amazonicum* Hub.)”, Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, vol.4, no.7, pp.1678-3867, Feb. 2006.
- [34] M. Kanninen, D. Pérez, M. Montero, E. Viquez. “Intensity and timing of the first thinning of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica: results of a thinning trial”. Forest Ecology and Management, vol.203, no.1-3, pp.89–99, Dec. 2004.
- [35] M. Mollinedo, L. Ugalde, A. Alvarado, J. M. Verjans, L. C. Rudy, “Relación suelo-arbol y factores de sitio, em plantaciones jóvenes de Teca (*Tectona grandis*), em la zona oeste de la cuenca del canal de Panamá”, Agronomía Costarricense, vol.29 no.1, pp.67-75, Mar. 2005.
- [36] P. R. Schneider, P. S. P. Schneider. Introdução ao manejo florestal. Santa Maria – RS: FACOS-UFSM, 2008.
- [37] J.R.S. Scolforo, Biometria Florestal: Modelagem do crescimento e produção de florestas plantadas e nativas, Lavras – MG: UFLA/FAEPE/DCF, 1998.