



IDENTIDADE EM MODELOS HIPSOMÉTRICOS PARA *Tectona grandis* COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS EM CÁCERES-MT

Diogo Guido Streck VENDRUSCOLO^{1*}, Arthur Guilherme Schirmbeck CHAVES¹,
Raiane Scandiane da SILVA¹, Hudson Santos SOUZA¹, Reginaldo Antonio MEDEIROS²,
Alessandro Soares da MOTTA¹ Fernando Thiago da SILVA¹

¹Setor de Engenharia Florestal, Instituto Federal de Mato Grosso, Cáceres, Mato Grosso, Brasil.

²Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

*E-mail: diogoguido@hotmail.com

Recebido em agosto/2014; Aceito em dezembro/2014.

RESUMO: Os objetivos deste estudo foram: ajustar e validar um modelo tradicional de relação hipsométrica para plantios equiâneos de *Tectona grandis*, sob diferentes arranjos espaciais, e testar a possibilidade de reduzir o número de equações entre os arranjos por meio do teste de identidade de modelos. O plantio é um experimento constituído por quatro espaçamentos arranjados em fileiras duplas: 3x2x2 m, 4x2x2 m, 5x2x2 m e 6x2x2 m, em blocos ao acaso com três repetições. O modelo utilizado para representar a relação hipsométrica foi o de Curtis. Os dados de diâmetro a 1,3 m de altura (DAP) foram coletados por meio de censo florestal, e separados em classes diamétricas. As alturas foram obtidas, seguido a distribuição diamétrica do povoamento em cada espaçamento. Após ajustadas às equações e aplicado o teste de identidade, as equações foram validadas pela estatística qui-quadrado. Analisando os resultados, conclui-se que o modelo de Curtis é acurado para a estimativa da altura total de *Tectona grandis* e o teste de identidade revelou que é possível utilizar uma única equação (com os mesmos parâmetros) para os arranjos 4x2x2 m, 5x2x2 m e 6x2x2 m, diminuindo de forma expressiva a quantidade de equações em futuros inventários. No teste da validação, verificou-se que as equações são recomendadas para estimativa da altura total de *Tectona grandis*.

Palavra-chave: Teca, arranjos espaciais, estimativa da altura, validação de equações.

IDENTITY IN HYPOSMETRIC MODELS FOR Tectona grandis WITH DIFFERENT SPACING IN CACERES - MT

ABSTRACT: The aim of this study were to adjust and validate a traditional model of hypsometric relation to even-aged *Tectona grandis* plantations under different spatial arrangements, and test the possibility of reducing the equations number between layouts by identity test of models. Planting is an experiment which consists of four spacing arranged in double rows: 3x2x2m, 4x2x2m, 5x2x2m, 6x2x2m in randomized blocks design with three replications. The model used to represent the hypsometric relation was Curtis. The data of diameter at 1.3 m height (DBH) were collected through forest census, and separated into diameter classes. The heights were obtained, followed by the diameter distribution of the stand at each spacing. After fitting equations and applying the identity test, the equations were validated by the chi-square statistic. Analyzing the results, it is concluded that the Curtis model is accurate to the estimate the total height of *Tectona grandis* and the identity test revealed that it is possible to use a single equation (with the same parameters) for arrangements 4x2x2m, 5x2x2m, 6x2x2 m, decreasing significantly the number of equations in future inventories. In the validation test was found that the equations are recommended to estimate the total height of *Tectona grandis*.

Keywords: Teak, spatial arrangements, height estimation, equations validation.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal Brasileiro tem contribuído significativamente para suprir a demanda de produtos madeireiros no país. Em 2012 o Brasil possuía uma área superior a 6,5 milhões de hectares de florestas plantadas.

Dentre às espécies plantadas, destaca-se: *Eucalyptus* e *Pinus* spp que lideram o ranking nacional. Entretanto, espécies como a *Tectona grandis* (teca), tem se mostrado promissora, principalmente no estado do Mato Grosso. Os plantios desta espécie correspondem a aproximadamente

68 mil hectares no Brasil, com aumento anual de 1% em área plantada, principalmente nos estados do Mato Grosso e Pará (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF, 2013). Pesquisas mostram que a teca é potencialmente apta para regiões do Mato Grosso, pois no Estado a cultura encontrou condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, proporcionando produção superior se comparado com seus países de origem (DRESCHER, 2004; MACEDO et al., 2005).

No manejo florestal, todas as atividades de inventário florestal são consideradas imprescindíveis para o sucesso do empreendimento. Nesses, a determinação das alturas das árvores é uma operação onerosa e sujeita a erros de medição, sendo comum medir-se a altura de algumas árvores em parcelas de amostragem e estimar a altura das demais por meio de relação hipsométrica, ferramenta esta responsável por uma redução significativa no tempo e nos custos de medição em povoamentos florestais. (SCOLFORO, 2005; HOSOKAWA et al., 2008).

A relação hipsométrica é afetada por fatores ambientais e características do povoamento, como: capacidade produtiva, idade, material genético, arranjo espacial e práticas silviculturais em geral, todavia recomendam-se os ajustes de equações específicas de acordo com a região ou condições de cultivo (CURTIS, 1967; BAILEY, 1998). Existem na literatura florestal diversos modelos que consideram esses fatores, denominados “modelos genéricos”, no entanto, são empregados com menos frequência por serem complexos e de difícil ajuste, sendo preferidos pelos modeladores aqueles simples como os divulgados por Curtis (1967), pela eficácia e facilidade de ajustes (BARTOSZECK et al., 2002). Em situações em que os povoamentos florestais são implantados ou conduzidos sob diferentes tratamentos, os ajustes de modelos hipsométricos devem ser feitos para cada caso, o que acarreta em um número elevado de equações. Uma maneira de testar a existência de diferença estatística entre diferentes tratamentos é através do teste de identidade de modelos.

Uma das características principais desse teste é permitir a avaliação do comportamento de uma ou mais variáveis de interesse entre diferentes espécies (QUEIROZ et al., 2008). Também se justifica o uso desse na construção de curvas hipsométricas em povoamentos florestais implantados em diferentes tratamentos. Diante o exposto, o presente trabalho tem como objetivos ajustar e validar um modelo tradicional de relação hipsométrica para estimativa da altura total de árvores de *Tectona grandis* implantadas em diferentes arranjos espaciais, e testar a possibilidade de reduzir o número de equações entre os arranjos por meio do teste de identidade de modelos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

Esta pesquisa foi realizada utilizando dados de um povoamento equiâneo de teca, implantado em 1998 (16 anos), no IFMT campus Cáceres (16°11'42" Sul e 57°40'51" Oeste de Greenwich). O clima da região, segundo Köppen, é Aw (Savanas tropicais com verão úmido e inverno seco), a temperatura média anual varia entre 23 e 25°C, com oscilação de temperatura no ano,

inferior a 5°C. O índice pluviométrico anual é elevado (1.277 mm), com máxima de 1.698 mm e mínima de 843 mm, porém, com uma nítida estação seca (W), apresentando déficit hídrico entre abril e outubro. O relevo é plano e o solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2006). O plantio é um experimento constituído por quatro espaçamentos arranjados em fileiras duplas: 3x2x2 m (tratamento 1), 4x2x2 m (tratamento 2), 5x2x2 m (tratamento 3) e 6x2x2 m (tratamento 4), em blocos ao acaso com três repetições. O povoamento não recebeu intervenções silviculturais como desbastes, apenas desramas e a retirada dos brotos basais das árvores aos 9, 14 e 22 meses de idade.

2.2. Coleta de dados

Os dados de diâmetro com casca a 1,3 m de altura (DAP) foram coletados por meio de censo florestal, em todos os tratamentos. Posteriormente foram separados em classes diamétricas com amplitudes de 5 centímetros. Foram coletadas as alturas (H) de 470 árvores ao total, sendo medidas, 115, 117, 119 e 119 árvores nos espaçamentos 3x2x2m, 4x2x2m, 5x2x2 m e 6x2x2m, respectivamente, de acordo com a distribuição diamétrica de cada arranjo de plantio.

2.3. Ajuste do modelo de relação hipsométrica

Foi adotado como procedimento padrão o ajuste do modelo de Curtis na sua forma linearizada (Equação 1), para cada arranjo espacial, resultando e quatro equações diferentes.

$$\ln h = \beta_0 + \beta_1 * \frac{1}{DAP} + e_i \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: \ln = logaritmo natural h = altura total (m); DAP = diâmetro a 1,30 m de altura (cm); β_0 e β_1 = coeficientes; e e_i = erro aleatório.

A precisão das equações foi realizada de acordo com os seguintes critérios estatísticos: coeficiente de determinação ajustado, (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx}\%$), valor de F calculado (teste F), significância dos coeficientes de regressão (β) e a análise gráfica dos resíduos ($E\%$), calculados pelas Equações 2, 3 e 4 respectivamente:

$$R^2_{aj} = 1 - \left(\frac{SQ_{res}}{SQ_{tot}} \right) \cdot \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \quad (\text{Equação 2})$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}} \therefore S_{yx}\% = \frac{S_{yx}}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (\text{Equação 3})$$

$$E\% = \left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right) * 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: y_i = altura observada; \hat{y}_i = altura estimada; \bar{y} = média aritmética das alturas; n = número de casos; p = número de coeficientes do modelo; SQ_{res} = soma dos quadrados dos resíduos; e SQ_{tot} = soma total dos quadrados.

A discrepância logarítmica na estimativa da variável dependente, ao se efetuar a operação inversa para obtenção da variável de interesse, foi corrigida multiplicando-se a altura estimada pelo Fator de Correção de Meyer (FCM), conforme Machado et al. (2008) (Equação 5).

$$FCM = e^{0,5 \cdot (S_{yx}^2)} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que: e = exponencial; e S_{yx} = erro padrão de estimativa.

2.4. Teste de identidade de modelos (TIM)

Após o ajuste das equações hipsométricas por arranjo espacial, foi empregado o teste de identidade, conforme Regazzi; Silva (2010) e Campos; Leite (2013). O TIM foi utilizado para verificar a possibilidade de uma única equação representar a relação hipsométrica para os tratamentos agrupados. Esse teste baseia-se na comparação entre a soma de quadrado dos resíduos em cada tratamento (modelo completo) e a soma de quadrado da diferença para o modelo ajustado com uma única base de dados contendo todos os tratamentos (modelo reduzido). Para isso, o cálculo da soma de quadrados da regressão do modelo reduzido, faz-se o ajuste do modelo contemplando todos os tratamentos e para o cálculo da soma de quadrados de regressão do modelo completo, primeiro calcula-se individualmente para cada espaçamento e depois se faz o somatório. Assim, quando o valor da estatística F for maior ou igual ao seu valor tabelar, indica significância ao nível de 5% de probabilidade, mostrando que não é possível utilizar uma única equação para estimar a relação hipsométrica em diferentes espaçamentos. Na Tabela 1 estão apresentadas as etapas para efetuar os cálculos do teste de identidade. Para os cálculos da análise de variância utilizou-se as Equações 6, 7, 8, 9, 10 e 11. O TIM resultou em 11 combinações entre os arranjos.

Tabela 1. Análise de variância para o teste de identidade do modelo de relação hipsométrica.

FV	GL	SQ	QM	F
M.C	n_1	SQM.C		
M.R	n_2	SQM.R		
Diferença	$n_1 - n_2$	SQD	$SQD / (n_1 - n_2)$	QMD/QMR
Resíduos	$N - n_1$	SQR	$SQR / (N - n_1)$	
Total	N	SQT		

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; SQ= soma dos quadrados; QM= quadrado médio; F= teste F; M.C= modelo completo; M.R= modelo reduzido; N= número total de observações SQT= soma de quadrados total; SQR= soma de quadrados do resíduo; SQD= soma de quadrados da diferença; n_1 = número de parâmetros do modelo completo, n_2 = número de parâmetros do modelo reduzido.

$$SQT = \sum y^2 \quad (\text{Equação 6})$$

$$SQM.C = SQT - \sum (y - \hat{y}_c)^2 \quad (\text{Equação 7})$$

$$SQM.R = SQT - \sum (y - \hat{y}_r)^2 \quad (\text{Equação 8})$$

$$SQD = SQM.C - SQM.R \quad (\text{Equação 9})$$

$$SQR = SQT - SQM.C \quad (\text{Equação 10})$$

Em que: M.C = modelo completo; M.R = modelo reduzido; y = altura observada; \hat{y}_c = altura estimada pelo modelo completo; e \hat{y}_r = altura estimada pelo modelo reduzido.

2.5. Validação das equações

A validação das equações foi efetuada com base no teste de Qui-quadrado (χ^2), com um nível de significância (α) de 0,05, utilizando a Equação 11. Para essa validação foram utilizados dados DAP e H de 30 árvores por espaçamento, distribuídas nas suas respectivas amplitudes de diâmetros. As árvores amostradas para o estudo não foram utilizadas no desenvolvimento das equações, como recomendado por Prodan (1997).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{y_i} \quad (\text{Equação 11})$$

Em que: y_i = altura observada; \hat{y}_i = altura estimada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 observa-se os resultados da análise descritiva dos dados de diâmetro a 1,3 m de altura (DAP) e altura total (H) do povoamento de *Tectona grandis* aos 16 anos de idade, nos diferentes arranjos espaciais avaliados. Verificou-se uma elevação dos diâmetros médios, em função do aumento do espaçamento, já para as alturas não foram observados valores de acréscimo ou decréscimo significantes, como também observado para os valores mínimos e máximos.

Tabela 2. Análise descritiva das variáveis de DAP e H de um povoamento de *Tectona grandis* sob diferentes arranjos de plantio, aos 16 anos de idade, em Cáceres - MT.

Esp. (m)	Variáveis	Mín.	Méd.	Máx.	Desvio
3x2x2	DAP	5,1	14,7	22,6	3,8
	H	6,0	14,0	19,0	3,0
4x2x2	DAP	8,8	16,4	24,5	3,2
	H	10	15,0	20,0	2,0
5x2x2	DAP	5,9	16,4	24,2	3,4
	H	6,6	14,6	20,1	2,1
6x2x2	DAP	5,9	16,5	24,6	3,5
	H	7,0	15,0	20,0	2,0

Esp. = espaçamento; Mín. = mínimo; Méd. = média; Máx. = Máximo.

Uma provável explicação para as variações pouco expressivas entre os arranjos espaciais pode ser justificada ao observar a área teórica de competição das raízes. Segundo Campos; Leite (2013), em um espaçamento de 6x1 m e 3x2 m, a área teórica para cada árvore é a mesma (6 m²), no entanto, o início da competição por parte das raízes devem ocorrer primeiro no espaçamento 6x1 m, devido o espaçamento entre planta na linha ser menor (1 m). Seguindo esse pressuposto, devido os arranjos avaliados serem em fileiras duplas, e com mesmos espaçamentos entre as plantas nas linhas (2 m), e possível inferir que a competição por parte das raízes se iniciaram na mesma idade, independentemente da área disponível para cada planta.

O modelo de relação hipsométrica avaliado apresentou ajustes significativos, conforme o valor da estatística F, a 5% de probabilidade, e os coeficientes das equações foram significativos em todos os tratamentos (Tabela 3). De maneira geral valores dos coeficientes de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) oscilou de 0,72 a 0,85, o erro padrão das estimativas absoluto (S_{yx}) variou de 0,07 a 0,09 e o erro padrão das estimativas em porcentagem ($S_{yx}\%$) foram satisfatórios apresentando-se abaixo de 10%. As estatísticas de ajustes foram superiores as obtidas por Rossi et al. (2011) para *Tectona grandis* com

idade entre 1 e 5 anos e aos 26 anos em Monte Dourado, Pará, onde encontraram valores de $R^2_{aj} = 0,666$ e $S_{yx}\% = 20,36$ para o mesmo modelo.

Tabela 3. Coeficientes e estatísticas do modelo Curtis ajustado para *Tectona grandis* sob diferentes arranjos espaciais em Cáceres - MT.

Esp. (m)	β_0	β_1	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2_{aj}	F
3x2x2	3,252*	-8,091*	0,7	7,72	0,85	810,4*
4x2x2	3,204*	-8,359*	0,8	8,01	0,72	205,9*
5x2x2	3,151*	-7,435*	0,7	7,59	0,81	389,7*
6x2x2	3,155*	-7,505*	0,9	9,60	0,78	315,1*

Esp. = espaçamento; * significativo ($p \leq 0,05$).

Ribeiro et al. (2010), Oliveira et al. (2011) e Oliveira (2014), destacam a eficiência modelo de Curtis para estimativas da altura em povoamentos de *Eucalyptus* ssp. no município de Eunápolis - BA, *Eucalyptus urophylla* no município de Juaqueira - BA, e de *Tectona grandis* no município de Alta Floresta - MT, respectivamente. Foi observado que o arranjo mais denso (3x2x2 m), proporcionou as melhores estatísticas de ajuste. Segundo Bartoszeck et al. (2004) é esperado que em povoamentos mais densos, a relação entre a altura e o diâmetro seja maior.

Na Figura 1 estão apresentados os gráficos de distribuição dos resíduos para o modelo de Curtis nos diferentes arranjos de plantio. Foi observado que a distribuição gráfica dos resíduos das quatro equações, não mostrou tendências, apresentando valores distribuídos uniformemente em torno da linha de regressão em todos os casos.

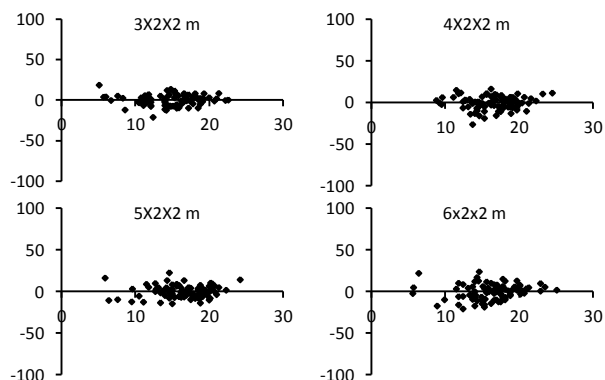


Figura 1. Distribuição dos resíduos em percentagem (eixo y) em função diâmetro a 1,3 m de altura (eixo x) para *Tectona grandis* sob diferentes arranjos espaciais em Cáceres-MT.

Por meio das estatísticas de precisão juntamente com a análise de resíduos, foi constatado que o modelo de Curtis foi eficiente para estimativa da altura total de *Tectona grandis* nos diferentes arranjos avaliados, sendo assim, testou-se a possibilidade de reduzir o número de equações provenientes deste modelo, por meio do teste de identidade, cujos resultados estão apresentados na Tabela 4. O teste de identidade entre as equações, apresentou-se significativo apenas para combinações em que incluiu o tratamento 1 (3x2x2 m), sendo que as demais combinações apresentaram-se não significativas, denotando que é possível o agrupamento dos demais arranjos ser representado por uma única equação hipsométrica. Por meio do teste de identidade foi possível

constatar que no sistema de plantio estudado, a densidade não afetou de maneira significativa a relação hipsométrica na maioria dos casos.

Tabela 4. Resultado do teste de identidade das equações para as 11 combinações de espaçamentos ($p \leq 0,05$).

Combinações	QM dif.	QM res.	F calculado	F tabelado	Teste
1, 2, 3 e 4	0,038	0,006	6,126	2,125	S
1, 2 e 3	0,053	0,005	9,722	2,407	S
1, 2 e 4	0,052	0,006	8,067	2,407	S
1, 3 e 4	0,046	0,006	7,386	2,407	S
2, 3 e 4	0,003	0,007	0,498	2,406	NS
1 e 2	0,086	0,005	15,82	3,050	S
1 e 3	0,072	0,005	14,17	3,049	S
1 e 4	0,070	0,007	10,55	3,049	S
2 e 3	0,006	0,006	0,990	3,049	NS
2 e 4	0,005	0,007	0,752	3,049	NS
3 e 4	0,001	0,007	0,008	3,048	NS

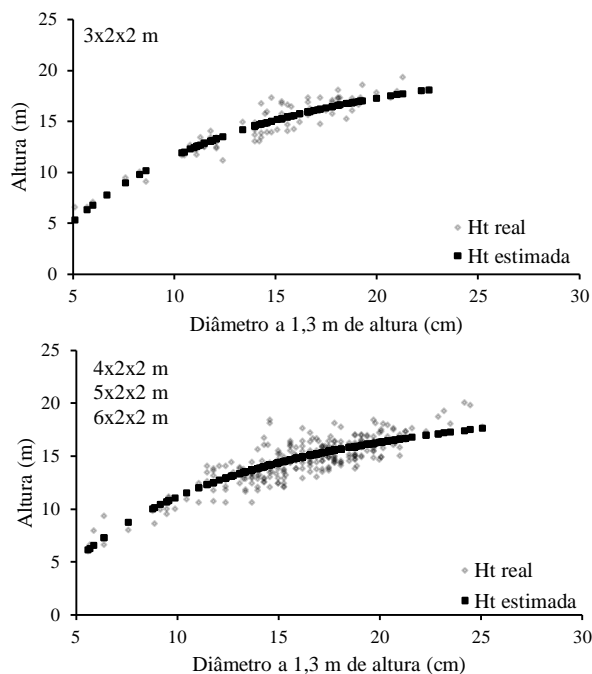
QM dif. = quadrado médio da diferença; QM res. = quadrado médio do resíduo; 1 = 3x2x2 m; 2 = 4x2x2 m; 3 = 5x2x2 m; 4 = 6x2x2 m; S = significativo; NS = não significativo.

Bartoszeck et al. (2004), obtiveram resultados similares em relação aos efeitos da densidade sobre a relação hipsométrica utilizando o modelo de Curtis. Os autores trabalharam com Bracatinga na região metropolitana de Curitiba - PR e constataram que o fator densidade não apresentou efeito relevante na maioria dos conjuntos de curvas. Já Brandi et al. (1977), trabalhando com *Eucalyptus urophylla* em Minas Gerais, verificaram a densidade exerce influência na relação hipsométrica. Araújo et al. (2012) testando modelos hipsométricos para Candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, concluíram por meio do teste de identidade de modelos que não é possível aplicar uma única equação contemplando diferentes espaçamentos. No entanto, esses trabalhos relatam pesquisas feitas em plantios arranjados em fileiras simples.

A equação resultante do modelo reduzido contemplando os arranjos 4x2x2 m, 5x2x2 m e 6x2x2 m, apresentou estatísticas de precisão satisfatórias, com valor de $R^2_{aj} = 0,78$, $S_{yx} = 0,07$ e $S_{yx}\%$ abaixo de 8, além dos valores da estatística F e dos coeficientes de regressão serem significativos a 5% de probabilidade (Tabela 5). Desse modo, foram desenvolvidas as curvas hipsométricas para o arranjo 3x2x2 m (modelo completo), e para os arranjos 4x2x2 m, 5x2x2 m e 6x2x2 m (modelo reduzido) (Figura 2). Observou-se que, tanto no modelo completo (espaçamento: 3x2x2 m) quanto no modelo reduzido (espaçamentos: 4x2x2 m, 5x2x2 m e 6x2x2 m) o patamar de inclinação das curvas foram semelhantes, com tendência de estabilização à medida que aumenta os diâmetros. As curvas hipsométricas, apresentaram comportamento esperado para esta relação, semelhante ao observado por Rossi et al. (2011) para *Tectona grandis* no estado do Pará. O teste de Qui-quadrado (χ^2), foi aplicado para as duas equações, com 29 graus de liberdade para o modelo completo, e 89 para o modelo reduzido. Os valores tabelados foram comparados com os calculados. Quando o $\chi^2_{calculado}$ for menor que seu valor tabelar, indica não significância, e aceita-se a hipótese de que a equação usada para estimativa da altura, é acurada.

Tabela 5. Coeficientes e estatísticas do modelo hipsométrico na forma reduzida para *Tectona grandis* em diferentes arranjos de plantio em Cáceres-MT.

Esp. (m)	β_0	β_1	S_{v_x}	$S_{v_x}(\%)$	R^2_{aj}	F
4x2x2	3,161*	-7,621*	0,7	7,99	0,78	934,5*
5x2x2						
6x2x2						

Esp. = espaçamento; * = significativo ($p \leq 0,05$).Figura 2. Curvas hipsométricas para *Tectona grandis*, sob diferentes arranjos, aos 16 anos de idade em Cáceres-MT.

O procedimento confirmou não haver diferença significativa entre as alturas observadas e as estimadas a 5% de probabilidade. O valor de χ^2 calculado foi menor que o tabelado para o modelo completo e reduzido (Tabela 6). Portanto, as duas equações validadas podem ser utilizadas, e são acuradas para estimativa das alturas de *Tectona grandis*. Esse resultado também foi observado graficamente na Figura 3, que apresenta os valores dos resíduos em porcentagem em função do DAP, onde foi verificado a ausência de tendências nas estimativas.

Tabela 6. Valores do Qui-quadrado calculado e tabelado

Esp. (m)	NDA	GL	$\chi^2_{calculado}$	$\chi^2_{tabelado}$	Teste
3x2x2	30	29	5,383	42,6	NS
4x2x2	90	89	12,268	112,1	NS
5x2x2					
6x2x2					

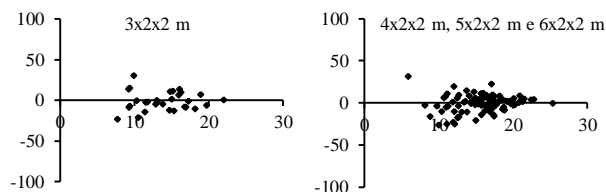
Esp. = espaçamento; NDA = número de árvores amostradas; GL = graus de liberdade; NS = não significativo; ($p \leq 0,05$).

Figura 3. Distribuição gráfica dos resíduos em porcentagem (eixo y) em função diâmetro a 1,3 m de altura (eixo x) para validação das equações do modelo completo (3x2x2 m) e do modelo reduzido (4x2x2 m, 5x2x2 m e 6x2x2 m).

4. CONCLUSÕES

O modelo de Curtis apresentou estatísticas precisas para estimativa da altura total de *Tectona grandis* nos diferentes arranjos espaciais avaliados na região de Cáceres-MT; O teste de identidade revelou que é possível utilizar uma única equação (com os mesmos parâmetros) para os espaçamentos 4x2x2 m, 5x2x2 m e 6x2x2m, diminuindo de forma expressiva a quantidade de equações em futuros inventários; As equações do modelo completo e do modelo reduzido foram validadas e são recomendadas para estimativa da altura de *Tectona grandis*.

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pela bolsa concedida ao primeiro autor e ao Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), Campus de Cáceres.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. J. G de. et al. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.32, n.71, p.257-268, jul./set. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário Estatístico 2013 - ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 142p.

BARTOSZECK, A. C. P. S. et al. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracatinga da região metropolitana de Curitiba, Paraná. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p.517-533, ago. 2004.

BARTOSZECK, A. C. P. S. et al. Modelagem da relação hipsométrica para bracatingais da região metropolitana de Curitiba-PR. **Floresta**, Curitiba, v.32, n.2, p.189-204, jul./dez. 2002.

BRANDI, R. M. et al. Influência do espaçamento na sobrevivência, frequência por classe de diâmetro e relação hipsométrica altura diâmetro do *Eucalyptus urophylla*. **Revista Ceres**, Viçosa, v.24, n.136, p.617-627, 1977.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2013. 605p.

CURTIS, R. O. Height diameter and height diameter age equations for second growth Douglas-fir. **Florest Science**, Washington, v.13, n.4, p.356-375, dez. 1967.

DRESCHER, R. **Crescimento e produção de Tectona grandis Linn. F., em povoamentos jovens de duas regiões do estado de Mato Grosso**. 2004. 133f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2006. 306p.

HOSOKAWA, R. T. et al. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: UFPR, 2008. 164p.

MACEDO, R. L. G. et al. Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (teca) em diferentes espaçamentos no Município de Paracatu, MG. **Revista Cerne**, Lavras, v.11, n.1, p.61-69, jan./mar. 2005.

MACHADO, S. A. et al. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.5-16, jan./jun. 2008.

OLIVEIRA, B. R. de. **Determinação do volume de cerne produzido em árvores de *Tectona grandis* L. f. em Mato Grosso**. 2014. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

OLIVEIRA, F. G. R. et al. Desempenho de modelos hipsométricos para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* no município de Jaguaquara, Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.13, p.331-338, jul./dez. 2011.

PRODAN, M. et al. **Mensura Forestal**. San José: IICA, 1997. 586p.

QUEIROZ, D. et al. Identidade de modelos em funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Benth em povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba/PR. **Floresta**, Curitiba, v.38, n.2, p.339-349, abr./jun. 2008.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.3, p.315-320, mai./jun. 2010.

RIBEIRO, A. et al. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v.16, n.1, p.22-31, jan./mar. 2010.

ROSSI, A. S. et al. Relação hipsométrica e crescimento de *Tectona grandis* L.f. no município de Monte Dourado PA. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.39, p.301-307, set. 2011.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 352p.