

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e  
Ambientais**

**MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO DE  
*Tectona grandis* LINN. F. ATÉ A IDADE DE ROTAÇÃO**

**ARTHUR GUILHERME SCHIRMBECK CHAVES**

CUIABÁ-MT

2013

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

G956m Guilherme Schirmbeck Chaves, Arthur.  
Modelagem do crescimento e da produção de *Tectona grandis* L. f. até a  
idade de rotação. / Arthur Guilherme Schirmbeck Chaves. -- 2013  
xiv, 72 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Ronaldo Drescher. Co-  
orientador: Sidney Fernando Caldeira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,  
Faculdade de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Florestais e Ambientais, Cuiabá, 2013.  
Inclui bibliografia.

1. Teca. 2. Produtividade. 3. Colheita. 4. Mato Grosso. 5. Brasil. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

**ARTHUR GUILHERME SCHIRMBECK CHAVES**

**MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO DE *Tectona grandis*  
LINN. F. ATÉ A IDADE DE ROTAÇÃO**

**Orientador:** prof. Dr. Ronaldo Drescher

**Coorientador:** prof. Dr. Sidney Fernando Caldeira

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do curso de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, para obtenção do título de Mestre.

CUIABÁ-MT

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL  
Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**Título:** MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO DE *Tectona grandis* LINN. F. ATÉ A IDADE DE ROTAÇÃO

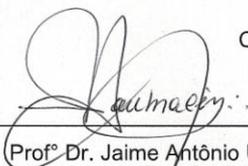
**Autor:** Arthur Guilherme Schirmbeck Chaves

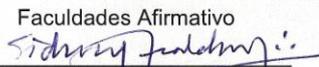
**Orientador:** Prof. Dr. Ronaldo Drescher

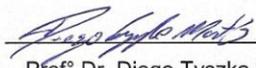
**Coorientador:** Prof. Dr. Sidney Fernando Caldeira

Aprovada em 26 de Fevereiro de 2013

Comissão examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Profº Dr. Jaime Antônio Ubialli

Faculdades Afirmativo  
  
\_\_\_\_\_  
Profº Dr. Sidney F. Caldeira  
Coorientador – UFMT/FENF

  
\_\_\_\_\_  
Profº Dr. Diego Tyszka Martinez  
UFMT/FENF

  
\_\_\_\_\_  
Profº Dr. Ronaldo Drescher  
Orientador – UFMT/FENF

## EPÍGRAFE

“Não há sabedoria, nem inteligência, nem conselho contra o SENHOR.”

(Provérbios 21:30)

“Ele ensina aos mansos e humildes... revela seus segredos para aqueles que o temem... e é amigo chegado daqueles que lhe obedecem”

(Salmos 25)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo amor, auxílio e presença constantes.

Aos meus pais pelo carinho, atenção, oportunidade e incentivo.

A minha esposa pelo companheirismo, cumplicidade, amor e amizade.

Ao professor Ronaldo Drescher pelas inúmeras conversas e orientações profissionais.

Ao professor Sidney Fernando Caldeira pela total atenção, paciência e orientação.

Ao professor Jaime Antônio Ubialli pela orientação e incentivo ao mestrado.

Ao professor Reginaldo Brito da Costa pelos anos de ensino e incentivo a atividade de pesquisa científica.

Aos professores Cyro Matheus Cometti Favalessa e Rômulo Môra pelas discussões e orientações.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da UFMT.

As colegas Edilene e Roberta pelo prazer da companhia constante na sala de estudos.

A colega Luana pelos sete anos de amizade.

Aos demais colegas, graduandos e mestrandos, que contribuíram com o trabalho.

Ao empresário Luis Flávio Veit e aos funcionários da Cáceres Florestal S/A.

A Universidade Federal de Mato Grosso e ao Programa de Capacitação de Profissionais de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade e auxílio através da bolsa de estudos.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 O SETOR FLORESTAL REGIONAL .....	3
2.2 A TECA (TECTONA GRANDIS L.F.) .....	4
2.2.1 Descrição .....	4
2.2.2 Condições edafoclimáticas.....	5
2.2.3 Práticas Silviculturais .....	5
2.2.4 Pragas Florestais .....	6
2.2.5 Produtos e mercados .....	7
2.2.6 A produção Mundial da Teca .....	8
2.2.7 A produção regional da Teca .....	9
2.3 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA FINS DE MANEJO .....	10
2.4 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.....	10
2.5 ANÁLISE DE TRONCO.....	11
2.6 VOLUMETRIA.....	12
2.6.1 Cubagem rigorosa.....	13
2.6.2 Volume estimado.....	13
2.7 ESTUDOS DE CRESCIMENTO.....	14
2.8 CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA LOCAL.....	15
2.9 MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO .....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	19
3.2 COLETA DOS DADOS.....	21
3.3 ANÁLISE DE TRONCO .....	22
3.4 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.....	24

3.6 CRESCIMENTO .....	25
3.7 CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTUIVA LOCAL.....	26
3.8 PRODUÇÃO .....	27
3.9 PARÂMETROS ESTATÍSTICOS .....	27
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
4.1 ANÁLISE DE TRONCO.....	30
4.1.1 <i>As distâncias entre os discos</i> .....	30
4.1.2 <i>Medição dos anéis</i> .....	31
4.2 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.....	33
4.4 VOLUMETRIA.....	37
4.5 CRESCIMENTO .....	40
4.5.1 <i>Diâmetro</i> .....	40
4.5.2 <i>Altura Dominante</i> .....	43
4.5.3 <i>Volume individual</i> .....	47
4.5.4 <i>Resumo do crescimento de todas as variáveis</i> .....	50
4.6 CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTUIVA LOCAL.....	51
4.6.1 <i>Modelo Selecionado</i> .....	51
4.6.2 <i>Teste de anamorfismo</i> .....	52
4.6.3 <i>Curvas de índice de sítio</i> .....	53
4.6.4 <i>Classes de sítios</i> .....	54
4.1 ANÁLISE DE SOLOS.....	55
4.7 PRODUTIVIDADE.....	57
4.7.1 <i>Análise inicial</i> .....	57
4.7.2 <i>Modelagem da produção</i> .....	59
4.8 OUTRAS INFORMAÇÕES RELEVANTES .....	62
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>63</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>65</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE TABELAS

1. MODELOS DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA AJUSTADOS PARA <i>TECTONA GRANDIS</i> .....	24
2. MODELOS VOLUMÉTRICOS AJUSTADOS PARA <i>TECTONA GRANDIS</i> . 25	
3. MODELOS DE CRESCIMENTO AJUSTADOS PARA TECA. ....	25
4. MODELOS DE PRODUÇÃO TOTAL AJUSTADOS PARA <i>TECTONA GRANDIS</i> .....	27
5. COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA AJUSTADOS PARA UM POVOAMENTO DE <i>TECTONA GRANDIS</i> .....	34
6. COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS VOLUMÉTRICOS AJUSTADOS PARA UM POVOAMENTO DE <i>TECTONA GRANDIS</i> .....	37
7. COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE CRESCIMENTO AJUSTADOS PARA O DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) EM UM POVOAMENTO DE <i>TECTONA GRANDIS</i> . ....	40
8. COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE CRESCIMENTO AJUSTADOS PARA A ALTURA DOMINANTE EM UM POVOAMENTO DE <i>TECTONA GRANDIS</i> .....	43
9. COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE CRESCIMENTO AJUSTADOS PARA VOLUME INDIVIDUAL NUM POVOAMENTO DE <i>TECTONA GRANDIS</i> .....	47
10. ESTIMATIVAS DO PADRÃO DE CRESCIMENTO DE <i>Tectona grandis</i> ATÉ A FASE DE COLHEITA FLORESTAL, NA REGIÃO DE INDIAVAÍ - MT. ....	50
11. ESTIMATIVAS DAS ALTURAS DOMINANTES INDIVIDUALIZADAS POR PARCELAS, UTILIZANDO O MODELO DE HOERL. ....	51
12. ANÁLISE DE COVARIÂNCIA DAS ALTURAS DOMINANTES POR PARCELAS PARA O MODELO DE HOERL. ....	52
13. CLASSES DE ÍNDICE DE SÍTIO PARA <i>Tectona grandis</i> NA REGIÃO DE INDIAVAÍ, MT. ....	54
14. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E ATRIBUTOS QUÍMICOS PARA SETE PARCELAS AMOSTRAIS DE TECA À UMA PROFUNDIDADE DE 0-20 CM. 55	
15. VALORES DE CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE DAS PARCELAS PERMANENTES E SUAS VARIÁVEIS GLOBAIS. ....	57
16. PRODUTIVIDADE REAL DAS PARCELAS AOS 33 ANOS DE IDADE.....	58
17. COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE PRODUÇÃO, EM ÁREA BASAL E EM VOLUME, AJUSTADOS PARA UM POVOAMENTO DE <i>TECTONA GRANDIS</i> .....	59

18. PRODUÇÃO EM ÁREA BASAL E VOLUME PARA TRÊS CLASSES DE SÍTIO DE <i>Tectona grandis</i> COM UMA DENSIDADE MÉDIA DE 167 INDIVÍDUOS.HA <sup>-1</sup> .....	611
19. CRESCIMENTO CORRENTE ANUAL (ICA) E MÉDIO ANUAL (IMA) EM VOLUME, POR HECTARE, PARA TRÊS CLASSES DE SÍTIO NUM POVOAMENTO DE <i>Tectona grandis</i> COM DENSIDADE MÉDIA DE 167 INDIVÍDUOS.HA <sup>-1</sup> .....	62

## LISTA DE FIGURAS

1. (A) RELAÇÃO ENTRE O INCREMENTO CORRENTE ANUAL E O INCREMENTO MÉDIO ANUAL E (B) A CURVA DE PRODUÇÃO EM RELAÇÃO A TANGENTE PARTINDO DA ORIGEM DOS EIXOS.....	15
2. ASPECTO DA COLHEITA FLORESTAL DO POVOAMENTO DE <i>Tectona grandis</i> ESTUDADO.....	19
3. ASPECTO DO PROCESSO DE RETIRADA DOS DISCOS PARA ANÁLISE DE TRONCO: (A) LIMPEZA COM ENXADA; (B) CORTE E DERRUBADA DAS ÁRVORES NA ESPLANADA COM FELLERBUNCHER; (C) TRAÇAMENTO DO FUSTE; (D) RETIRADA E MARCAÇÃO DOS DISCOS.....	23
4. ÁRVORE DOMINANTE DE TECA EM QUE A ANÁLISE DE TRONCO FOI EXECUTADA COM FATIAS RETIRADAS EM ALTURAS DE 3 EM 3 METROS (MÉTODO A).....	30
5. ÁRVORE DOMINANTE DE TECA EM QUE A ANÁLISE DE TRONCO FOI EXECUTADA DE ACORDO COM O APROVEITAMENTO COMERCIAL DA TORA (MÉTODO B).....	31
6. DISCOS DE <i>Tectona grandis</i> COM FORMAS EXCÊNTRICAS.....	32
7. DISTRIBUIÇÃO RESIDUAL DAS ESTIMATIVAS DE OITO MODELOS DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA <i>Tectona grandis</i> L.F. ....	35
8. RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA DE <i>Tectona grandis</i> ATÉ A FASE DE COLHEITA FLORESTAL.....	36
9. DISTRIBUIÇÃO RESIDUAL DAS ESTIMATIVAS DE SEIS MODELOS VOLUMÉTRICOS PARA <i>Tectona grandis</i> . ....	38
10. DISTRIBUIÇÃO RESIDUAL DAS ESTIMATIVAS DE DAP PARA <i>Tectona grandis</i> . ....	41
11. CRESCIMENTO E INCREMENTO EM DIÂMETRO, ESTIMADO PELO MODELO DE HOERL, PARA UM POVOAMENTO DE <i>Tectona grandis</i> ATÉ A IDADE DE ROTAÇÃO.....	42
12. DISTRIBUIÇÃO RESIDUAL DAS ESTIMATIVAS DE ALTURA DOMINANTE (HDOM) PARA <i>Tectona grandis</i> ATRAVÉS DE MODELOS CRESCIMENTO.....	44
13. CURVAS DE CRESCIMENTO E INCREMENTO EM ALTURA DOMINANTE, PELO MODELO DE HOERL, PARA UM POVOAMENTO DE <i>Tectona grandis</i> ATÉ A IDADE DE ROTAÇÃO.....	45
14. DISTRIBUIÇÃO RESIDUAL DAS ESTIMATIVAS DE VOLUME INDIVIDUAL PARA <i>Tectona grandis</i> ATRAVÉS DE MODELOS CRESCIMENTO.....	48
15. CRESCIMENTO E INCREMENTO EM VOLUME INDIVIDUAL PARA UM POVOAMENTO MADURO DE <i>Tectona grandis</i> .....	49

16. ESTABILIDADE DA CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA LOCAL PARA <i>Tectona grandis</i> . .....	53
---	----

## RESUMO

CHAVES, Arthur Guilherme Schirmbeck. **Modelagem do crescimento e da produção de *Tectona grandis* L. f. até a idade de rotação.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT. Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Drescher.

Neste trabalho, foi estudado o crescimento e a produção da Teca até a idade de rotação. Os povoamentos analisados foram implantados na década de 70, no município de Indavaí-MT, numa densidade inicial de 2500 indivíduos por hectare. Foram realizados seis desbastes em períodos e intensidades distintos, e as colheitas foram executadas em 2010 e 2012. As informações foram coletadas em seis parcelas permanentes de mil metros quadrados, dos 23 aos 33 anos de idade, para estudar a produtividade no período prévio à colheita. Para analisar as taxas de crescimento da implantação até a época da colheita florestal, 32 árvores dominantes foram abatidas para a análise de tronco. Foram testados vários modelos para representar o volume, a equação hipsométrica, o crescimento e a produção. A partir dos modelos de crescimento selecionados, foram estimadas as curvas de crescimento em altura, diâmetro e volume. A Teca atingiu, aos 33 anos, uma altura média de 25,00 metros, um diâmetro (DAP) médio de 39,75 cm e um volume médio de  $1,63 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$ . Também foi executada a classificação da capacidade produtiva local com base na altura dominante. A produção foi estimada para três classes de sítio, e os povoamentos estudados foram enquadrados na classe II. Esta classe representa um volume remanescente de  $237 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$  aos 33 anos. O povoamento analisado alcançou taxas de crescimento elevadas quando comparadas à maioria dos povoamentos de Teca em Mato Grosso e no Mundo, porém inferiores ao potencial produtivo alcançado nos melhores sítios. A redução da densidade inicial associada a melhores estratégias de manejo poderão favorecer a produtividade da Teca.

**Palavras-chave:** Teca, produtividade, colheita, Mato Grosso, Brasil.

## ABSTRACT

CHAVES, Arthur Guilherme Schirmbeck. **Modeling the growth and the production of *Tectona grandis* Lf. until the age of rotation.** 2013. Dissertation (MSc in Forestry and Environmental Sciences) - Federal University of Mato Grosso, Cuiabá - MT. Advisor: Dr. Drescher Ronaldo.

In this work, was studied the growth and production of Teak to the rotation age. Stands analyzed were implanted in the 70's, in the city of Indavaí-MT, an initial density of 2500 trees per hectare. Thinnings were performed in six different periods and intensities, and harvests were conducted in 2010 and 2012. Information was collected on six permanent plots of one thousand square meters, from 23 to 33 years old, to study productivity in a period prior to harvest. And to analyze the growth rates of implantation until the time of harvesting, 32 dominant trees were felled for stem analysis. Were tested several models for represent the volume, the hypsometric equation, the growth and the production. From the growth models selected, were estimated growth curves for diameter, height and volume. The Teak, in the age of 33, reached an average height of 25.00 meters, a diameter (DAP) of 39.75 cm and an average volume of 1.63 cubic meters per tree. Was also carried out the classification of the local productive capacity based on the dominant height. Production was estimated for three site classes, and the settlements studied were classified as class II. This class represents a remaining volume of  $237 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  at age 33. The settlement analyzed reached high growth rates when compared to most of Teak plantations in Mato Grosso and the World, but lower than the potential yield achieved in the best sites. The initial density reduction associated with better management strategies may favor the productivity of Teak.

**Keywords:** Teak, productivity, harvest, Mato Grosso, Brazil.

## 1. INTRODUÇÃO

As florestas naturais, mesmo quando exploradas de forma sustentável, apresentam uma baixa capacidade de produção madeireira por área manejada quando comparadas às monoculturas florestais. Além disso, existe uma quantidade limitada de espécies que são utilizadas em processamento mecânico para a laminação e em serrarias.

Para atender a crescente demanda mundial por produtos madeireiros torna-se essencial o incentivo a produção de florestas plantadas.

No Brasil, as experiências com a Teca (*Tectona grandis* Linn. F.), a partir da década de 70, demonstraram bons resultados de adaptabilidade, crescimento e produtividade. A espécie também apresenta um excelente histórico comercial no cenário internacional.

No manejo florestal, a predição do crescimento e da produção permite o planejamento adequado da atividade florestal, determinando a quantidade de produto esperada em um período de tempo. Para essa prognose deve-se conhecer o comportamento do crescimento e da produção da espécie nas condições de cada região.

Fornecer informações concretas sobre o crescimento e a produção de espécies florestais, ao longo de seu desenvolvimento, só é possível se existir uma fonte de dados que abranja um longo período de tempo. A partir desse tipo de informação poderá ser determinado, por exemplo, um período ótimo de rotação.

Diversos trabalhos têm buscado modelar o crescimento e a produção da Teca sob diferentes situações de manejo dentro das condições climáticas brasileiras (DRESCHER, 2004; CRUZ, 2005 e 2008; BEZERRA, 2009; NOVAES, 2009; TONINI, 2009; SILVA, 2012). No entanto, estes trabalhos utilizaram informações de povoamentos jovens não podendo ser verificada a tendência de crescimento e produção na fase madura do plantio.

A maior expectativa de um produtor florestal é conhecer a sua produção no final da rotação, quando a colheita florestal trará o principal produto de seu investimento financeiro. Por isso, neste trabalho, o objetivo geral foi modelar o crescimento e a produção da Teca até a colheita florestal.

Ainda foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: Determinar a relação hipsométrica; testar equações para expressar o volume para qualquer idade; estudar o crescimento em diâmetro, altura dominante e volume individual dos indivíduos arbóreos; classificar a capacidade produtiva local; testar modelos de produção presente e futura em área basal e volume por hectare; confeccionar tabelas de volume e de área basal para os sítios na colheita florestal.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O SETOR FLORESTAL REGIONAL

A região Centro-Oeste permaneceu, por décadas, pouco desenvolvida no setor de silvicultura intensiva. Segundo Espírito Santo (1995) as florestas plantadas da região Centro-Oeste começaram a ser implantadas a partir da década de 70 com os recursos provenientes, quase que majoritariamente, do Fundo de Investimentos Setoriais - Reflorestamento (FISSET- Reflorestamento). Foram implantados aproximadamente 642.376 hectares, porém mais de 65% destes reflorestamentos não lograram êxito por várias razões, entre elas: as grandes distâncias dos principais centros consumidores, a falta de critérios no ato de ceder os financiamentos e a falta de acompanhamento e fiscalização por parte do extinto Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF).

Segundo Shimizu et al. (2007), em decorrência de vários fatores como a redução dos remanescentes naturais, as restrições ambientais para a sua exploração e os avanços tecnológicos nos aspectos silviculturais e industriais, vem aumentando a participação da madeira oriunda de plantios com espécies de rápido crescimento nas diversas aplicações antes atendidas exclusivamente com madeira de espécies nativas.

O estado de Mato Grosso possui uma área de floresta plantada com Teca e Eucalipto superior a 126.000 hectares. A área plantada de Teca em Mato Grosso está em torno de sessenta mil hectares, e a produção sustentada de madeira de Teca, para múltiplos usos, no Mato Grosso foi estimada em 700.000 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>(ABRAF, 2012).

## 2.2 A TECA (*Tectona grandis* L.f.)

### 2.2.1 Descrição

A Teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma das cinco espécies do gênero *Tectona* (SCHUBERT, 1974) (*T. australis* Hill 1862, *T. hamiltoniana* Wallich 1832, *T. philippinensis* Bentham e Hooker 1876, *T. ternifolia* Buchanan 1838) (CARVALHO, 2006). É natural do Sul e do Sudeste Asiático e cultivada, atualmente, em diversas regiões da África e das Américas (BERMEJO et al., 2004).

A Teca é uma árvore de grande porte que atinge alturas entre 25 e 35 m, raramente acima de 45 m, e medidas de DAP que ultrapassam 100 cm podendo chegar a 250 cm (LAMPRECHT, 1990).

É uma espécie heliófita caducifólia, com queda de folhas no período de menor precipitação pluviométrica (CARVALHO, 2006). As folhas da Teca são opostas, elípticas, coriáceas e ásperas ao tato, dotadas de pecíolos curtos ou ausentes e ápice e base agudos. Nos indivíduos adultos as folhas possuem, em média, 30 a 40 cm de comprimento por 25 cm de largura. No entanto, nos indivíduos mais jovens, com até 3 anos de idade, as folhas podem atingir o dobro destas dimensões (MATRICARDI, 1989).

Existem diversas variedades da Teca, e distinguem-se pela forma e coloração das folhas, pela cor e estrutura da casca e pela forma do tronco. As procedências do norte da Tailândia e de Burma são conhecidas pelos troncos retilíneos; a Teca da Índia e da Indonésia possui geralmente ramos de inserção baixa no fuste (LAMPRECHT, 1990). Seu fuste é habitualmente retilíneo, de seção circular, de reduzida conicidade e frequentemente bifurcado. A casca é mole, gretada, de cor cinza ou marrom, com cerca de 15 mm; é termo-isolante, conferindo elevada resistência ao fogo, a partir de quatro anos de idade (LAMPRECHT, 1990; MATO GROSSO, 2001).

A Teca possui flores monóicas, brancas e pequenas, dotadas de pecíolos curtos, dispostas em grandes e eretas inflorescências do tipo

panícula. A polinização cruzada é preferencial, garantindo sementes de maior poder germinativo (WEAVER, 1993).

A Teca desenvolve um sistema radicular superficial, reagindo sensivelmente à falta de oxigênio (LAMPRECHT, 1990). A espécie produz uma raiz pivotante grossa e larga. Na base do tronco pode ocorrer a formação de sapopemas (KOSA-ARD, 1983; CARDOSO, 1991; PANDEY e BROWN, 2000; FIGUEIREDO, 2005). A formação de sapopemas está vinculada ao material genético utilizado (KAOSA-ARD, 1999).

### **2.2.2 Condições edafoclimáticas**

A Teca tem melhor desenvolvimento em solos de textura franco-arenosa e argilosa, profundos, bem drenados, planos e férteis (LAMPRECHT, 1990; CHAVES e FONSECA, 1991).

Alguns atributos químicos do solo apresentaram elevadas correlações com o desenvolvimento da Teca, sendo a ordem de importância expressada pela sequência: Ca > pH > Al > K > MO > Mg > P (PELLISSARI, et al., 2012).

A espécie cresce melhor em condições tropicais moderadamente quentes e úmidas, associada a um período de três a cinco meses de seca, com precipitação anual entre 1.250 mm a 3.750 mm, temperatura mínima de 13°C a 17 °C e máxima entre 39°C e 43°C (WEAVER, 1993; PANDEY e BROWN, 2000).

### **2.2.3 Práticas Silviculturais**

A espécie é particularmente sensível à competição (inter-específica ou intra-específica) por luz e nutrientes. Recomenda-se o controle da competição através de roçadas e desbastes (MATRICARDI, 1989; WEAVER, 1993; PANDEY e BROWN, 2000; CÁCERES FLORESTAL, 2006; CALDEIRA e OLIVEIRA, 2008).

A prática de desbastes tem como objetivo principal promover máximo incremento volumétrico dos indivíduos no povoamento. O momento e a intensidade da intervenção dependem de diversos fatores relacionados ao sítio e ao sistema silvicultural (GALLOWAY, 1995; CÁCERES FLORESTAL, 2006).

Tendo em vista que o propósito do reflorestamento é a produção de “madeira limpa”, sem nós, a poda ou derrama artificial é indispensável para a produção de Teca (CÁCERES FLORESTAL, 2006).

#### **2.2.4 Pragas Florestais**

A Teca é uma espécie florestal conhecida por sua rusticidade e por ser pouco sujeita a pragas e doenças (MATRICARDI, 1989; FIGUEIREDO, 2005). Contudo são comuns os ataques por saúvas e quenquéns, que danificam as folhas jovens das mudas e ápice das árvores adultas, podendo ocasionar a morte ou afetar a forma e a qualidade do fuste (PERES FILHO, 2006).

Também foram registrados, em pequena escala, ataques de espécies de cupins, como *Syntermes molestus* e o *Coptotermes testaceus*, em situações de estresse, principalmente quando localizadas em ambientes de drenagem deficiente (PERES FILHO, 2006).

Segundo Peres Filho (2006), na Ordem Lepidoptera, ocorrem diversas espécies que atacam a Teca, como: *Hyblaea puera* (Cramer, 1777), *Dirphia rosacordis* (1855), *Miresa clarissa* (Stal, 1790), *Spodoptera cosmioides* (Waker, 1898), *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) e *Oiketicus geyeri* (Berg., 1877).

A espécie *Hyblaea puera* é considerada a principal praga da Teca na Índia. No Mato Grosso, a *H. puera* foi encontrada, ocasionalmente, em povoamentos de Teca nos municípios de Cáceres e Jangada (PERES FILHO, 2006).

### 2.2.5 Produtos e mercados

A Teca produz uma das melhores e mais belas madeiras que existem, de excelente qualidade em todos os aspectos (LAMPRECHT, 1990). A madeira da Teca apresenta um alburno amarelado ou esbranquiçado, geralmente delgado, contrastando com o cerne que é castanho-amarelo-dourado. Podem ser observados anéis de crescimento nítidos e diferenciados nos cortes transversais (FIGUEIREDO, 2005).

A madeira seca rapidamente ao céu aberto (com pouca exposição ao sol) e de maneira satisfatória. A densidade básica da madeira de Teca seca é considerada dura e pesada, com valores variando de 0,55 a 0,68 g cm<sup>-3</sup>. Estudos demonstram que a durabilidade da madeira diminui quando têm anéis de crescimento largos e quando a madeira é originária de plantios jovens. Uma taxa de crescimento muito acelerada, principalmente na etapa inicial de desenvolvimento, diminui significativamente a durabilidade da madeira, reduzindo seu valor econômico (FIGUEIREDO, 2005).

A espécie têm se destacado nos mercados nacional e internacional por produzir uma madeira excepcional, muito valorizada e procurada por combinar beleza, estabilidade, durabilidade e resistência. A sua madeira permite serragem, aplainamento, desenrolamento e laminação satisfatória (COSTA e RESENDE, 2001; REVISTA DA MADEIRA, 2009).

Tradicionalmente, a Teca tem sido utilizada na construção naval, no revestimento de convés de veleiros e iates; na confecção de móveis finos, incluindo móveis para jardins e piscinas; esquadrias de qualidade; pisos decorativos; na construção civil, com madeiramentos para telhados; para postes; moirões e em construções rurais (COSTA e RESENDE, 2001; REVISTA DA MADEIRA, 2009). A madeira também contém um óleo que impede a corrosão de pregos (LAMPRECHT, 1990).

## 2.2.6 A produção Mundial da Teca

Segundo Figueiredo et al. (2005) a Teca é a terceira espécie de folhosas tropicais com maior área plantada no mundo, ultrapassando 2 milhões de hectares.

Constata-se (Tabela 1) grande variedade de produtividades, de 5 a 20 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, decorrentes dos diversos fatores associados a produção como por exemplo: as condições climáticas e edáficas da região, o sistema silvicultural adotado e o material genético utilizado.

**QUADRO 1 - PRODUTIVIDADE DA TECA EM DIVERSAS REGIÕES DO MUNDO. (Adaptado de Figueiredo et al. 2005).**

Região	Incremento Médio Anual (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Fonte
Indonésia	13,30	(FAO, 1985)
Nigéria	13,80	(FAO, 1985)
Costa Rica	15,00	Chaves & Fonseca (1991)
África	5,00 a 16,00	Dupuy et al. (1993 e 1999)
Cáceres, MT	10,00 a 15,00	Veit (1996)
Ásia	5,00 a 18,00	Wadsworth (1997)
Polinésia	3,90 a 10,50	Wadsworth (1997)
Cáceres, MT	8,63	Passos et al. (2000)
Malásia	10,00 a 18,00	Krishnapillay (2000)
Costa Rica	15,00	Schmincke (2000)
Costa Rica	9,00 a 20,00	Pandey & Brown (2000)
Côte d'Ivoire	12,20	Pandey & Brown (2000)
Indonésia	14,40	Pandey & Brown (2000)
Índia	7,90	Pandey & Brown (2000)
Trinidad-Tobago	7,50	Pandey & Brown (2000)
Myanmar	12,00 a 17,00	Pandey & Brown (2000)
Costa Rica	10,20 a 13,30	Pérez Cordero et al. (2000)
Côte d'Ivoire	5,00 a 16,00	Maldonado & Louppe (2000)
Equador	10,00 a 15,00	Custode (2003)
América Latina	10,00 a 20,00	Bermejo et al. (2004); Bezerra (2009); González (2010)
Acre, Brasil	10,30 a 13,74	Figueiredo et al. (2005)

Observam-se variadas produtividades nas diferentes regiões do mundo: América Latina, África e Ásia; e nota-se que a produtividade não depende apenas das condições edafoclimáticas da região de plantio, mas também de outras características envolvidas nas práticas silviculturais contidas no manejo da Teca.

## 2.2.7 A produção regional da Teca

Na década de 60, a empresa Silvicultura Cáceres S/A notou que os estoques nativos de madeira nobre não perdurariam devido ao reduzido volume por unidade de área e ao constante aumento de demanda por madeira. Então em 1968, com o propósito de assegurar a disponibilidade sustentada de madeira para sua indústria, a empresa deu início a pesquisa e experimentação do reflorestamento. A Teca sobressaiu às demais essências testadas por sua rusticidade, rápido crescimento em altura e boa forma florestal; além da elevada procura e preço da madeira no mercado internacional (FUNCIA, 2005).

Os plantios comerciais com a espécie *Tectona grandis* L.f. (Teca) foram iniciados na década de 70 pela empresa Cáceres Florestal S/A, e até o início da década 90 toda a área plantada no Estado não chegava a dois mil hectares (Shimizu, 2007).

A partir daí a espécie começou a ter maior visibilidade no setor florestal estadual e nacional, alcançando 48.526 hectares plantados no Mato Grosso em 2007 e 67.693 hectares plantados no Brasil em 2011, nos estados do Mato Grosso, Pará e Roraima (ABRAF, 2012).

Apesar da expansão da área plantada, os plantios comerciais de Teca no estado de Mato Grosso (maior estado produtor de Teca do Brasil) apresentam produtividades variadas, devido à grande extensão territorial e diferentes condições de solo e clima. Bezerra et al. (2011) avaliaram plantios de diferentes produtividades no estado de Mato Grosso e destacaram que plantios pouco produtivos tornam-se inviáveis economicamente.

Estima-se que incrementos médios anuais em volume de madeira da ordem de  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  a  $35 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  poderão ser obtidos com a adoção das práticas silviculturais essenciais como a seleção de sítios, uso de sementes geneticamente melhoradas, correção do solo, aplicação de fertilizantes, controle de plantas invasoras e adoção de regimes apropriados de desbastes e desramas (SHIMIZU et al., 2007).

O aumento da diversidade genética e a iniciativa de programas de melhoramento genético também poderão trazer maior produtividade, menor

custo e maior lucro para produtores de plantios comerciais de Teca no Brasil (REIS e PALUDZYSZYN FILHO, 2011).

Neste contexto, conhecer e divulgar o crescimento e a produtividade atual dos plantios comerciais de Teca é essencial para o planejamento do manejo desta espécie nas regiões estudadas.

### 2.3 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA FINS DE MANEJO

Para o manejo florestal, uma das fontes de informação mais importante é a existência de relações quantitativas e modelos matemáticos que sejam consistentes e numericamente compatíveis para a predição do desenvolvimento do povoamento em qualquer idade (SCOLFORO, 1998).

Este conjunto de relações permite efetuar a prognose do crescimento e da produção das florestas sujeitas a diferentes densidades e tratamentos silviculturais, possibilitando inferências sobre a melhor estratégia de plantio, a análise econômica de tratamentos silviculturais, o planejamento da época de corte e a alocação de parte das árvores ou povoamentos para diferentes produtos, dentre outros. Desta maneira, a predição do valor potencial da produção sob várias condições fornecerá ao administrador elementos para se efetuar a otimização da produção florestal (SCOLFORO, 1998).

### 2.4 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

A relação hipsométrica é utilizada, para um mesmo povoamento, para expressar a relação entre a altura das árvores e seu respectivo diâmetro. A determinação da altura de uma árvore em função de seu DAP, dependendo das circunstâncias, será a única possibilidade de poder definir a correspondente estrutura vertical do povoamento (IMANÃ ENCINAS et al., 2005).

A determinação da altura das árvores em pé através de instrumentos é uma operação onerosa e sujeita a erros. Desse modo, procura-se medir

algumas alturas nas parcelas de inventário e, através de relações hipsométricas, estimar as demais (COUTO, 1984).

De acordo com Arias (2004), as relações altura-diâmetro, para qualquer espécie, dependem da qualidade do sítio e da densidade do talhão. Portanto, os modelos baseados unicamente nessas duas variáveis, são específicos para cada local.

Prodan et al. (1997) relatam que a relação hipsométrica, mesmo em povoamentos de mesma idade, varia com a qualidade do sítio e com a densidade. Em tais circunstâncias, uma única relação hipsométrica, ajustada para todo o povoamento, englobaria muitas relações diferentes, resultando em alta variabilidade em torno da linha de regressão da altura sobre o diâmetro.

Em se tratando da relação hipsométrica, também há de se considerar que em povoamentos bem delimitados, bem formados e conduzidos, espera-se uma forte correlação entre a altura e o diâmetro, já que haverá maior homogeneidade na população considerada (DRESCHER, 2004).

Em povoamentos mal formados, mal conduzidos ou em sítios não muito bem definidos, há de se esperar uma fraca correlação devido a maior heterogeneidade da população considerada (DRESCHER, 2004).

## 2.5 ANÁLISE DE TRONCO

As fontes usuais de dados para estudos de crescimento de povoamentos florestais são as parcelas permanentes ou temporárias (CAMPOS e RIBEIRO, 1987). Mas as análises de tronco, até certo ponto, substituem o emprego de parcelas permanentes como fonte de dados para estudos de crescimento e produção florestal (CAMPOS e LEITE, 2009).

A técnica permite verificar como uma árvore cresce, em altura e diâmetro, e como ela muda de forma à medida que aumenta em volume. Ao realizar uma análise de tronco, medições dos anéis de crescimento são feitas em seções horizontais do tronco, permitindo o emprego de árvores já maduras para obter informações de árvores velhas e novas (CAMPOS e LEITE, 2009).

A reconstituição do crescimento em altura, não é tarefa simples, uma vez que os nós de crescimento anual em altura se encontram dentro do fuste. Vários métodos para determinação da altura por meio da análise de tronco foram desenvolvidos, entre eles, o descrito por Kariuki (2002). Este método foi utilizado para distâncias intervalares, entre as fatias, de 1,5 m e 3,0 m e estatisticamente não houve diferença entre as estimativas.

O método utilizado para estimar a altura das árvores foi proposto por Kariuki (2002) e nomeado como “Método TARG”. Têm como princípio a correlação existente entre a taxa de crescimento em diâmetro e altura nas árvores. A fórmula pode ser composta da seguinte maneira:

$$H_{ij} = h_i + w_j * ((h_{i+1} - h_i) - \frac{(h_{i+1} - h_i) * \frac{w_{k+1} - w_k}{w_{k+1}}}{w_k})$$

Onde:  $H_{ij}$  = altura total estimada;  $h_i$  = altura do disco inferior;  $h_{i+1}$  = altura do disco superior;  $w_j$  = espessura até o anel que se quer estimar a altura;  $w_k$  = espessura até o último anel do disco inferior;  $w_{k+1}$  = espessura até o anel do disco superior.

## 2.6 VOLUMETRIA

Estimar o volume das árvores é, na maioria das vezes, o principal objetivo dos levantamentos florestais, em se tratando de povoamentos destinados para fins comerciais (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2006). A maneira mais prática e simples de se saber o volume total de uma árvore ou povoamento é utilizar equações de volume.

A medição de todas as árvores de uma floresta com a finalidade de conhecer seus volumes é, quase sempre, uma tarefa onerosa, e por isso ela é inventariada por amostragem. Uma parte da população (amostra) é medida, extrapolando-se as características dessa amostra para toda a floresta. Naturalmente, quanto mais representativa a amostra, melhores são as estimativas obtidas.

### **2.6.1 Cubagem rigorosa**

Os volumes, ditos “reais”, têm sido obtidos através da divisão dos fustes das árvores em  $n$  seções de modo a garantir uma maior acuracidade do volume da árvore ou de parte dela. São valores obtidos com rigor e por isso recebem a denominação de volume rigoroso (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2006).

Um dos métodos mais comumente empregados, por causa de sua praticidade, é o método de Smalian. Neste método o fuste é dividido em seções de 1 ou 2 metros de comprimento e a soma dos volumes das seções corresponde ao volume total do fuste. O volume de cada seção é obtido através da multiplicação do comprimento da seção pela média da área basal dos extremos da seção.

### **2.6.2 Volume estimado**

As estimativas são obtidas através da análise de regressão em que o volume é a variável dependente e está em função das variáveis independentes: diâmetro e altura. Para proporcionar maior exatidão nas estimativas de volume de parcelas de inventário florestal, devem ser empregadas equações de volume, de razão volumétrica ou de *taper* (afilamento) compatíveis com a população a ser inventariada. O ideal é que sejam utilizadas equações específicas por espécie, espaçamento, idade e por regime de corte, embora algumas vezes seja utilizada uma única equação para toda população (CAMPOS e LEITE, 2009).

## 2.7 ESTUDOS DE CRESCIMENTO

O crescimento de uma árvore ou de um povoamento é o mais importante fenômeno da floresta. O crescimento consiste no alongamento (meristema primário) e engrossamento (meristema secundário) das raízes, tronco e galhos. As variáveis mais comumente utilizadas para mensurar o crescimento são: o diâmetro a 1,30 m de altura, diâmetro ao longo do fuste, as alturas correspondentes a estes diâmetros, a altura total e a altura comercial (SCOLFORO, 1998).

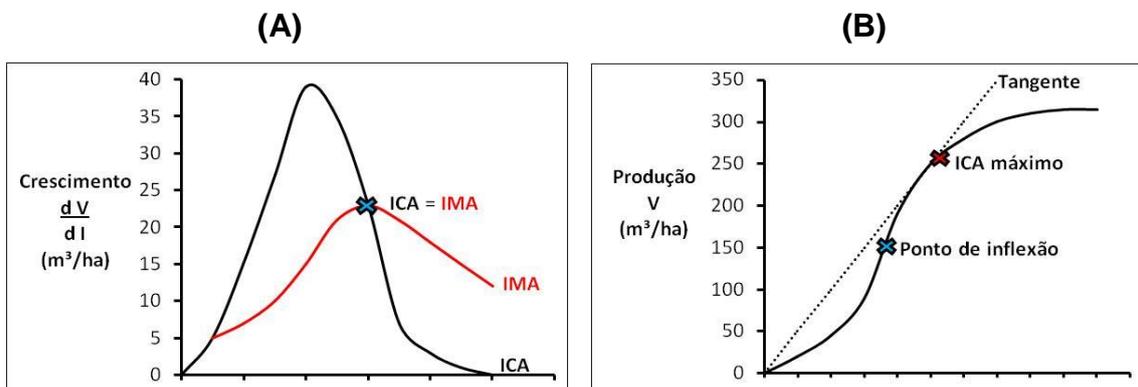
O crescimento é um processo caracterizado por mudanças na forma e no tamanho do tronco, com a adição contínua de novas camadas de lenho ao longo de todo o material lenhoso existente. A produção expressa quantidade total do volume, ou outra variável, acumulada num determinado tempo (CAMPOS e LEITE, 2009).

Existem diferentes maneiras para expressar o crescimento, podendo-se citar o incremento corrente anual (ICA), o incremento médio anual (IMA), o incremento periódico (IP) e o incremento periódico médio (IPM), seja ele anual (IPA), mensal (IPM), semanal (IPS) ou diário (IPD) (SCOLFORO, 1998).

A produção é obtida ao somar os incrementos correntes anuais até a idade de interesse. A produção de um povoamento pode ser expressa por uma equação de produção e, matematicamente, o crescimento é obtido ao derivar essa equação de produção (CAMPOS e LEITE, 2009).

Diversas relações podem ser feitas a partir de estudos de curvas de crescimento e produção, por exemplo, a idade em que o IMA é igual ao ICA é denominado máxima produtividade ou idade técnica de corte (Figura 1A). O máximo IMA é alcançado no ponto onde as duas curvas se encontram. Este ponto define a máxima taxa média de incremento da produção que uma determinada espécie pode alcançar num local particular. A forma dessas curvas varia com a espécie e com o espaçamento inicial de plantio (CAMPOS e LEITE, 2009).

Outra relação interessante ocorre entre o ponto de inflexão da curva de produção (Figura 1B) e o ponto de tangente de uma reta, partindo da origem, que coincidem também com o máximo ICA, indicando a idade técnica de corte (CAMPOS e LEITE, 2009).



**FIGURA 1** - (A) RELAÇÃO ENTRE O INCREMENTO CORRENTE ANUAL E O INCREMENTO MÉDIO ANUAL E (B) A CURVA DE PRODUÇÃO EM RELAÇÃO A TANGENTE PARTINDO DA ORIGEM DOS EIXOS.

## 2.8 CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA LOCAL

### 2.8.1 Qualidade do sítio ou capacidade produtiva

A qualidade do sítio é a soma total dos fatores edáficos, biológicos e climáticos que afetam a planta ou as plantas. O sítio não é um fator nem todos os fatores, mas a soma dos fatores efetivos entre os quais, um ou mais são dominantes (SPURR, 1952).

### 2.8.2 Importância da classificação da capacidade produtiva local

A determinação da produtividade dos sítios florestais é um fator básico na condução de povoamentos e no planejamento da produção madeireira de uma empresa florestal. Desta forma, a capacidade produtiva dos sítios, onde as essências florestais se desenvolvem, é um importante

parâmetro que, uma vez mensurado, possibilitará estimar essa capacidade (SELLE, 1993).

Essa metodologia é uma prática bastante empregada no Brasil e em outros países, facilitando a gestão dos administradores de empreendimentos florestais fornecendo informações relativamente precisas sobre o assunto (SELLE et al., 2008).

### **2.8.3 Índice Local**

Segundo Schneider e Schneider (2008), a altura foi proposta, na Alemanha, como o elemento dendrométrico mais adequado para a determinação da qualidade do sítio.

O índice quantitativo, conhecido como índice de local, é determinado a partir da altura dominante média do povoamento em uma idade específica (idade-índice). Este método, segundo Campos e Leite (2009), é prático e consistente, pois todos os fatores ambientais são refletidos de modo interativo no crescimento em altura, a qual também está relacionada com o volume.

Diferentes métodos podem ser empregados na construção de curvas de índice de local, como: Método da curva-guia; Método de atribuição preliminar de índices de local; Método da equação das diferenças; Método de Hammer; Método da predição de parâmetros. (FIGUEIREDO, 2005; SCHNEIDER, 2008; CAMPOS e LEITE, 2009;)

Segundo Campos e Leite (2009) dependendo do método de análise utilizado e da procedência dos dados, as curvas de índice de local geradas podem ser dos tipos anamórficas ou polimórficas. A manifestação do polimorfismo, além da técnica empregada, também depende de condições locais. No entanto, para que a condição de anamorfismo ou polimorfismo se manifeste, é necessário que a fonte de dados seja adequada. Enquanto qualquer fonte de dados permite gerar curvas anamórficas, as curvas polimórficas só podem ser geradas com dados de parcelas permanentes ou de análise completa de tronco e empregando algum método específico de análise que proporcione flexibilidade nas diferentes formas das curvas.

#### **2.8.4 Fonte de dados para classificação da capacidade produtiva local**

Segundo Selle et al. (2008) os pares de dados, altura e idade, podem ser obtidos através de parcelas permanentes ou, mais comumente, de árvores dominantes, pelo método da análise de tronco.

Para Scolforo (1993), a principal vantagem das curvas de índice de sítio, construídas a partir de dados provenientes da análise de tronco, é que elas possibilitam identificar facilmente formas polimórficas, se elas existirem.

A mais séria objeção para curvas de índice de sítio construídas provenientes de dados de análise de tronco é que tais curvas representam o crescimento em altura das árvores individuais, mas não necessariamente o de todo o povoamento. Um problema que pode advir do uso dos dados da análise de tronco, é que aquela árvore escolhida como dominante, não tenha sido dominante durante todas as fases de sua existência (SCOLFORO, 1993).

Os dados utilizados para o ajuste do modelo de crescimento em altura dominante devem abranger idades que vão desde uma idade jovem, após o estabelecimento do povoamento, até uma idade próxima daquela em que ocorre o máximo incremento médio anual em volume. Isso garante consistência entre a curva-guia estimada e a verdadeira tendência de crescimento em altura dominante ao longo do ciclo de corte (FIGUEIREDO, 2005; SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008).

#### **2.9 MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO**

Tão importante quanto definir o modelo adequado para uma simulação particular é conhecer as características dos dados necessários para a sua construção, bem como o modo de realizar a amostragem e suas consequências na eficiência do modelo (CAMPOS e LEITE, 2009).

Segundo Campos e Leite (2009) um modelo de crescimento e produção pode ser representado por um ou mais modelos estatísticos; uma ou mais equações; uma ou mais tabelas ou gráficos; ou ainda, um conjunto de equações, tabelas e gráficos. Então a modelagem do crescimento e da

produção sempre deve avaliar alternativas de manejo, através de uma ou mais equações, uma ou mais variáveis independentes.

Segundo Scolforo (1998) e Campos e Leite (2009) os modelos de produção podem ser expressos de várias maneiras dependendo das variáveis envolvidas.

Os modelos globais ou “em nível de povoamento” são os mais comumente empregados pela maior facilidade de amostragem. Mas não explicam diretamente a variação do tamanho das árvores dentro do povoamento (modelo de produção Normal; modelo de produção Empírico e modelo de Densidade Variável); Já os modelos de distribuição por classe diamétrica são aqueles que estimam o número de árvores por hectare por classe de diâmetro nas idades presente e futura; enquanto os modelos de árvores individuais é aquele em que são consideradas todas as árvores para qual o crescimento está sendo projetado. É muito utilizado quando se quer construir tabelas de estoque futuro e associações com o sortimento.

Para a modelagem do crescimento e da produção, a análise de tronco (ANATRO) constitui uma alternativa quando não há dados de parcelas permanentes, sendo caracterizada por limitações como não garantir a medição de mortalidade e por não contabilizar o efeito de tratamentos artificiais como desbastes e podas. Novaes (2009) conclui que a ANATRO em *Tectona grandis* é uma alternativa eficiente para obter dados visando estudos de crescimento e produção desta espécie no Brasil, bem como para classificação de sítios florestais.

Segundo Campos e Leite (2009) a qualidade da prognose da produção é função das propriedades da amostra e das propriedades das equações de predição. A amostragem deve estar condicionada ao tipo de modelo a ser ajustado e ao objetivo pretendido.

Tonini (2009) levantou a questão de que normalmente os trabalhos de crescimento e produção florestal têm trazido pouca ou nenhuma informação sobre as características físico-químicas dos solos. E estas informações são de extrema importância quando se quer comparar o desenvolvimento de povoamentos florestais, especialmente a Teca.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

##### 3.1.1 Localização e descrição

O estudo foi realizado em dois povoamentos florestais, circunscritos a latitude 15°25' Sul e longitude 58°37' Oeste, no município de Indiavaí, na região sudoeste do Estado de Mato Grosso, à margem esquerda do vale do rio Jaurú.

Na Figura 2 pode-se visualizar parte do povoamento de Teca de 33 anos, onde estava sendo realizada a colheita florestal.



**FIGURA 2** - ASPECTO DA COLHEITA FLORESTAL DO POVOAMENTO DE *Tectona grandis* ESTUDADO.

Segundo Higuchi (1979) a área está situada no vale do Jaurú, pertencente à encosta meridional do Chapadão dos Parecis. Os solos, em geral, são profundos, bem drenados, com coloração pardo-vermelhada nas áreas altas e claro nas áreas próximas aos rios. A temperatura média anual é de 26°C, com mínima anual de 23,2°C e máxima anual de 27,8°C. A precipitação média anual é de 1222 mm, com máxima de 1698 mm e mínima de 843 mm.

A propriedade é servida pelo Rio Jaurú, pelo Ribeirão Água Suja e por córregos intermitentes. As florestas remanescentes são caracterizadas por pequenos agrupamentos arbóreos de grande porte, predominando espécies como Jequitibá, Mogno, Cedro, Peroba, Jatobá, Figueira, e outras (HIGUCHI, 1979).

### **3.1.2 Sistema de manejo florestal**

A empresa, onde o estudo foi realizado, possui uma área total, nesta fazenda, de aproximadamente 400 hectares, onde aproximadamente 300 hectares são povoamentos de Teca e 100 hectares são área de conservação (SCS, 2009).

A área produtiva foi estabelecida em sua maior parte entre 1971 e 1992. Essas plantações vêm sendo manejadas desde 2002 para a produção sustentável de madeira de qualidade, com dimensões próprias para serraria e laminação, em ciclo de rotação de 30 anos. Até 2001, toda a produção madeireira destas plantações era oriunda de desbastes. Naquele ano, a empresa praticou o primeiro corte raso. Desde então, a cada ano, vem realizando novos cortes rasos (SCS, 2009).

Uma vez que os povoamentos florestais que compõem tais plantações não são uniformes, tanto no que diz respeito à lotação e às dimensões das árvores, quanto ao volume de madeira em pé e sua qualidade, eles vêm sendo submetidos aos programas de manejo diferenciados e específicos, com o propósito de alcançar a máxima produção de madeira para serraria e laminação (SCS, 2009).

### **3.1.3 Sistema silvicultural**

O sistema silvicultural adotado é o de monociclo com idades uniformes por talhão, com cortes rasos em determinadas idades conforme o sítio, procurando a maximização de volumes de madeira produzidos (SCS, 2009).

As mudas utilizadas nos plantios foram desenvolvidas a partir de sementes de procedência Trinidad e Tobago, da região de Tenasserim. A densidade inicial dos plantios foi de aproximadamente 2500 árvores por hectare.

A desrama complementar foi realizada manualmente, após cada desbaste e/ou a cada 3 a 5 anos, dependendo do comportamento dos indivíduos arbóreos. A última desrama foi realizada há menos de 5 anos da colheita final (SCS, 2009).

A colheita é realizada anualmente, sempre na estação seca, de forma a minimizar o impacto das máquinas sobre o solo. Sendo a Teca uma espécie caducifólia, a colheita na época da seca diminui os riscos de danos à madeira; a árvore registra atividade mínima, com menor presença das seivas bruta e elaborada no tronco, reduzindo, conseqüentemente, os danos por racha e o ataque de fungos e insetos (SCS, 2009).

## **3.2 COLETA DOS DADOS**

Os dados foram coletados durante a colheita de dois povoamentos, respectivamente no mês de julho de 2010 e no mês de julho de 2012, com as seguintes características: o primeiro povoamento foi implantado no ano de 1976 perfazendo uma área total de 21,37 hectares. Foram realizados seis desbastes aos 6, 11, 14, 20, 23, 26 anos de idade. A colheita final ocorreu no ano de 2010 quando o povoamento tinha 34 anos. O segundo povoamento foi implantado no ano de 1979 perfazendo uma área total de 12,80 hectares. Foram realizados seis desbastes aos 6, 11, 14, 17, 20, 23 anos de idade. A colheita final ocorreu no ano de 2012 quando o povoamento tinha 33 anos.

No primeiro povoamento foram realizadas a cubagem rigorosa e a coleta dos discos de doze árvores para a análise de tronco (ANATRO) no ano de 2010.

No segundo povoamento foram mensuradas em seis parcelas permanentes de 1000 m<sup>2</sup>, ao longo dos dez anos que antecederam a colheita florestal em 2012, por meio de corte raso. Foram mensurados: o diâmetro à altura do peito de todas as árvores na parcela, e estimadas as alturas comercial e total das árvores.

Para a cubagem rigorosa e a análise de tronco foram selecionadas árvores pela adaptação do critério de dominância de Assman (1961), onde foram selecionadas 20% das árvores de maior diâmetro por parcela. Foram totalizados, nos dois povoamentos, trinta e duas árvores para realização da cubagem e da análise de tronco (ANATRO).

Foram coletadas na idade da colheita amostras de solo a 0-20 cm de profundidade, estratificadas por parcela, para análise granulométrica e de macronutrientes.

### 3.3 ANÁLISE DE TRONCO

O processo de derrubada das árvores para retirada dos discos acompanhou a atividade de colheita florestal. Antes da derrubada das árvores com o fellerbuncher, era realizada uma limpeza manual ao redor dos tocos das árvores com enxadas. Com a árvore derrubada, foi realizada a cubagem e a retirada dos discos com o auxílio de um motosserrista (Figura 3).



**FIGURA 3** - ASPECTO DO PROCESSO DE RETIRADA DOS DISCOS PARA ANÁLISE DE TRONCO: (A) Limpeza com enxada; (B) Corte e derrubada das árvores na esplanada com fellerbuncher; (C) Traçamento do fuste; (D) Retirada e marcação dos discos.

Para a retirada dos discos na análise de tronco foi adaptada a metodologia tradicional descrita para *Pinus* por Barusso (1977). As adaptações nas distâncias entre os discos ocorreram para reduzir o fracionamento excessivo das toras comerciais.

Em 2010, os discos do fuste de doze árvores dominantes com idade de 34 anos foram retirados nas alturas de seções: 0,1m; 0,8m; 3m; e assim continuamente, de três em três metros, até a altura total do fuste, seguindo o galho principal após a bifurcação. Nesta primeira análise foi notado que o crescimento em altura da Teca é bastante acentuado, não havendo “perda” (não visualização) de anéis de crescimento nesta distância intervalar.

Em 2012, com base na análise de 2010, foram retirados discos nas seções da base (0,15 m), do final da primeira tora comercial (7,4 m), e após a primeira bifurcação e ao longo do galho principal. Esta adaptação garantiu ao produtor a menor perda da madeira da colheita, além de não impedir a medição e contagem dos anéis.

Para identificar a forma das árvores selecionadas foram realizadas as cubagens nas alturas de 0,15 m, 0,70 m, 1,3 m e, a partir daí, de dois em dois metros até a bifurcação e após a bifurcação ao longo do galho principal até o diâmetro mínimo de 5 cm. A associação da cubagem com a análise de tronco permitiu reduzir os erros envolvidos nesta metodologia de medição.

A medição dos anéis de crescimento nos discos coletados foi testada pelo software ANATRO-Livre®, bem como pela metodologia tradicional descrita por Barusso (1977).

### 3.4 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

Para descrever a relação entre o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total (H), foram ajustados oito modelos de relação hipsométrica (Tabela 1) com os pares de dados obtidos na ANATRO e nas parcelas permanentes.

**TABELA 1 - MODELOS DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA AJUSTADOS PARA *Tectona grandis*.**

Nº	Modelos	Modelos (H isolado)	Autor
1	$H = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP + \beta_2 \cdot DAP^2 + \varepsilon_i$		Trorey
2	$\frac{1}{\sqrt{H-1,3}} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{DAP} + \varepsilon_i$	$H = \frac{1}{(\beta_0 + \frac{\beta_1}{DAP})^2} + 1,3 + \varepsilon_i$	Petterson
3	$\frac{1}{\sqrt{H-1,3}} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{DAP} + \beta_2 \cdot \frac{1}{DAP^2} + \varepsilon_i$	$H = \frac{1}{(\beta_0 + \frac{\beta_1}{DAP} + \frac{\beta_2}{DAP^2})^2} + 1,3 + \varepsilon_i$	Drescher et al. (2001)
4	$\ln H = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{DAP} + \varepsilon_i$	$H = e^{\frac{\beta_0 \cdot DAP + \beta_1}{DAP}} \varepsilon_i$	Curtis
5	$H = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{1}{DAP}\right)$		Assmann
6	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP)$	$H = e^{\beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP)} \varepsilon_i$	Stoffels
7	$H = \frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 \cdot DAP^2} + 1,3$		Näslund reduzida
8	$H = \frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 \cdot DAP + \beta_2 \cdot DAP^2} + 1,3$		Näslund genérica

Em que: H = altura total (m); DAP = diâmetro à altura do peito (cm); ln = logaritmo neperiano;  $\beta$  = coeficiente de regressão; e  $\varepsilon_i$  = erro associado. \* Adaptações baseadas no modelo de Petterson.

### 3.5 VOLUMETRIA

A partir dos dados da cubagem e da análise de tronco foram ajustados modelos volumétricos (Tabela 2) sem estratificação de idade.

**TABELA 2 - MODELOS VOLUMÉTRICOS AJUSTADOS PARA *Tectona grandis*.**

Nº	Modelos	Autor
1	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(D) + \beta_2 \cdot \ln(H) + \varepsilon_i$	Schumacker-Hall
2	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot (D^2H) + \varepsilon_i$	Spurr
3	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot (D^2) + \beta_2 \cdot (D \cdot H) + \beta_3 \cdot (D^2 \cdot H) + \varepsilon_i$	Meyer Modificado
4	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot (D^2) + \beta_2 \cdot (H) + \beta_3 \cdot (D^2 \cdot H) + \varepsilon_i$	Stoate
5	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot (D^2 \cdot H) + \varepsilon_i$	Näslund Modificado
6	$\ln(V) = \beta_1 \cdot \ln(D) + \beta_2 \cdot \ln^2(D) + \beta_3 \cdot \ln(H) + \beta_4 \cdot \ln^2(H)$	Prodan Modificado

Em que: V = volume (m<sup>3</sup>); D = diâmetro à altura do peito (cm); H = Altura total; ln = logaritmo neperiano;  $\beta$  = coeficiente de regressão; e  $\varepsilon_i$  = erro associado.

### 3.6 CRESCIMENTO

Através dos dados provenientes das parcelas permanentes e da análise de tronco foram ajustados alguns modelos de crescimento (Tabela 3).

**TABELA 3 - MODELOS DE CRESCIMENTO AJUSTADOS PARA *TECA*.**

Nº	Modelos	Autor
1	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(t) + \beta_2 \cdot \ln(t)^2 + \varepsilon_i$	Backman
2	$y = \beta_0 \cdot (1 - \exp(-\beta_1 \cdot t))^{\beta_2} + \varepsilon_i$	Chapman-Richards
3	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(t) + \beta_2 \cdot t + \varepsilon_i$	Gram
4	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{t} + \beta_2 \cdot \ln(t) + \varepsilon_i$	Hoerl
5	$y = \beta_0 \cdot (1 - \exp(-\beta_1 \cdot t)) + \varepsilon_i$	Mitscherlich
6	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot t^2 + \beta_3 \cdot t^3 + \varepsilon_i$	Moissev
7	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{t} + \varepsilon_i$	Schumacker
8	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{t} + \beta_2 \cdot \left(\frac{1}{t}\right)^2 + \beta_3 \cdot \left(\frac{1}{t}\right)^3 + \varepsilon_i$	Spillman

Em que: y = variável dependente (Diâmetro á altura do peito, altura dominante ou volume); t = tempo (idade); ln = logaritmo neperiano;  $\beta$  = coeficiente de regressão; e  $\varepsilon_i$  = erro associado.

### 3.7 CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA LOCAL

A partir do modelo de crescimento selecionado para a altura dominante, foram construídas as curvas de índice de sítio. A idade índice adotada foi a de 30 anos. Segundo Campos e Leite (2009) a idade índice é escolhida de forma arbitrária, ou mais comumente próxima, a idade técnica de colheita.

Foi executado o teste de anamorfismo descrito por Selle et al (2008), para utilização do método da curva guia para construção das curvas de índice de sítio. Também foi verificada a estabilidade de classificação dos sítios para as curvas de índice de sítio geradas, conforme apresentado por Figueiredo (2005).

### 3.8 PRODUÇÃO

Através dos dados provenientes das parcelas permanentes foi possível descrever a produtividade dos 23 aos 33 anos de idade, através dos modelos de produção (Tabela 4).

**TABELA 4 - MODELOS DE PRODUÇÃO TOTAL AJUSTADOS PARA *Tectona grandis***

Nº	Modelos	Tipo	Autor
1	$G = \beta_0 + \beta_1 \cdot Id + \beta_2 \cdot S + \varepsilon_i$	PP	
2	$\ln(G) = \beta_0 + \beta_1 \cdot Id + \beta_2 \cdot S + \beta_3 \cdot (Id \cdot S) + \varepsilon_i$	PP	
3	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{1}{S}\right) + \beta_2 \cdot \left(\frac{1}{Id}\right) + \beta_3 \cdot \ln(G) + \varepsilon_i$	PP	Beck & Della-Bianca
4	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(G) + \varepsilon_i$	PP	Beck & Della-Bianca adaptado
5	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{Hd} + \beta_2 \cdot \frac{1}{Id} + \beta_3 \cdot \ln(G) + \varepsilon_i$	PP	Beck & Della-Bianca modificado
6	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{Id} + \beta_2 \cdot S + \beta_3 \cdot \ln(G) + \varepsilon_i$	PP	Clutter (1963)
7	$\ln(G2) = \ln(G1) \cdot \frac{I1}{I2} + \alpha_0 \cdot \left(1 - \frac{I1}{I2}\right) + \alpha_1 \cdot \left(1 - \frac{I1}{I2}\right) \cdot S1 + \varepsilon_i$ $\ln(V2) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{1}{I2}\right) + \beta_2 \cdot S1 + \beta_3 \cdot \ln(G2) + \varepsilon_i$	PF	Clutter
8	$\ln(V2) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(G2) + \varepsilon_i$		Clutter adaptado
9	$\ln(ICA G) = \beta_0 + \beta_1 \cdot S + \beta_2 \cdot \frac{1}{I1} + \beta_3 \cdot (G1) + \varepsilon_i$ $V2 = \beta_0 + \beta_1 \cdot (G \cdot S) + \varepsilon_i$	PF	Buckman
10	$V2 = \beta_1 \cdot (G \cdot S) + \varepsilon_i$		Buckman adaptado

Em que: G= área basal atual; V=Volume atual; G2= área basal futura; V2= Volume futuro;  $R^2_{aj.}$ = Coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$ = Erro padrão das estimativas;  $F_c$ = Valor de F calculado; PP= Produção presente; PF= Produção futura.

### 3.9 PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

Os modelos foram avaliados através de alguns parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado); erro padrão das estimativas em percentagem ( $S_{yx} \%$ ); Valor calculado pelo Teste de F; e da análise gráfica dos resíduos em percentagem (Erro %).

No Quadro 2 verificamos os principais parâmetros estatísticos utilizados para seleção dos modelos de regressão.

**QUADRO 2 - FÓRMULAS E PARÂMETROS ESTATÍSTICOS UTILIZADOS NA COMPARAÇÃO DOS MODELOS TESTADOS.**

Nº	Parâmetro	Fórmula
1	Erro padrão das estimativas ( $S_{yx}$ %)	$S_{yx} \% = \frac{\sqrt{QM_{res}}}{\bar{Y}} * 100$
2	Erro (%)	$E(\%) = \frac{Y - \hat{Y}}{Y} * 100$
3	Coefficiente de determinação ajustado ( $R^2$ aj.)	$R^2 aj. = 1 - \frac{n - 1}{n - p} * \frac{SQ_{res}}{SQ_{total}}$
4	F calculado ( $F_c$ )	$F_c = \frac{QM_{reg}}{QM_{res}}$

Em que:  $QM_{res}$ = Quadrado médio residual;  $QM_{reg}$ = Quadrado médio de regressão;  $SQ_{res}$ = Somatória Quadrática dos resíduos;  $SQ_{total}$ = Somatória quadrática total;  $n$ = número de observações;  $p$ = número de coeficientes do modelo;  $Y$ = Variável dependente;  $\hat{Y}$ = Variável dependente estimada.

No caso da transformação de modelos não lineares através da linearização o anti-logaritmo dos valores estimados pela regressão resulta em valores médios menores que os valores médios dos dados observados não-logaritmizados (MAYER, 1941). Para eliminar a discrepância logarítmica, devem-se corrigir os valores estimados, multiplicando os volumes pela expressão conhecida como Fator de Correção de Mayer (FCM):

$$e^{0,5 * S_{yx}^2}$$

Em que:  $e$  = exponencial  $S_{yx}^2$  = quadrado de erro padrão da estimativa em unidades logarítmicas, com o logaritmo neperiano, para o caso.

Para a classificação dos sítios foi avaliada a estabilidade de classificação, ou seja, a tendência de uma parcela ou árvore permanecer na mesma classe de sítio ao longo dos anos.

A análise de correlação linear ou correlação de Pearson é calculada pela seguinte equação:

$$\rho = \frac{\sum(xi - \bar{x}) * (yi - \bar{y})}{\sqrt{\sum(xi - \bar{x})^2} * \sqrt{\sum(yi - \bar{y})^2}}$$

Em que:  $\rho$ = Correlação de Pearson;  $x_i$ = variável independente  $i$ ;  $\bar{x}$ = média das variáveis independentes;  $y_i$ = variável dependente  $i$ ;  $\bar{y}$ = média das variáveis dependentes;

A análise de covariância é uma técnica estatística que combina a regressão e a análise de variância. Ela pode ser descrita genericamente pelo seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon_{ij}$$

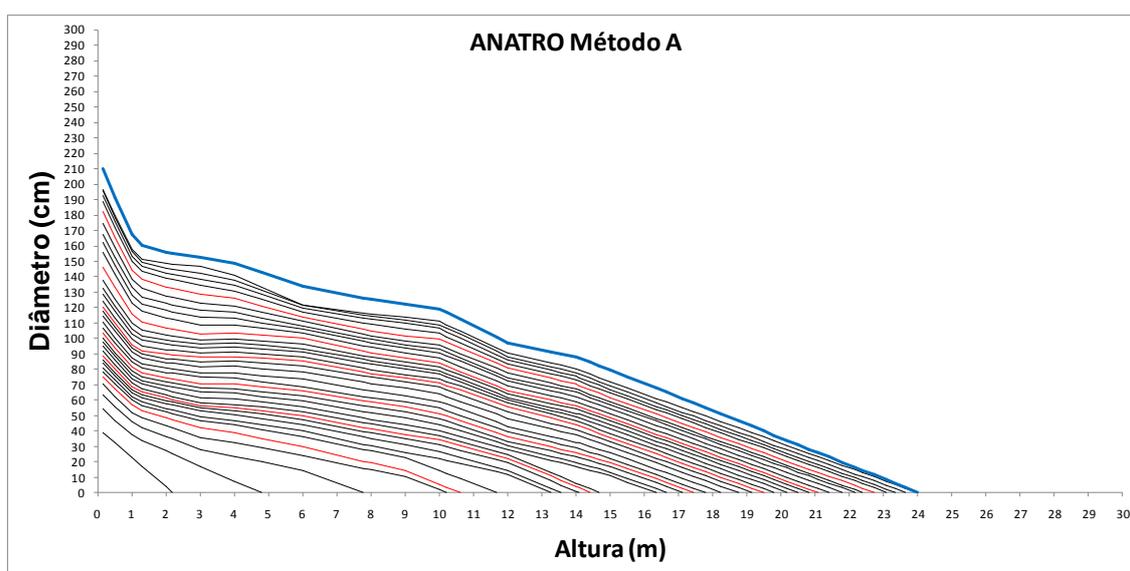
Em que:  $\mu$ = constante;  $\tau_i$ = efeito do nível do tratamento;  $\beta(X_{ij} - \bar{X})$ = efeito da covariável;  $\varepsilon_{ij}$ = resíduo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

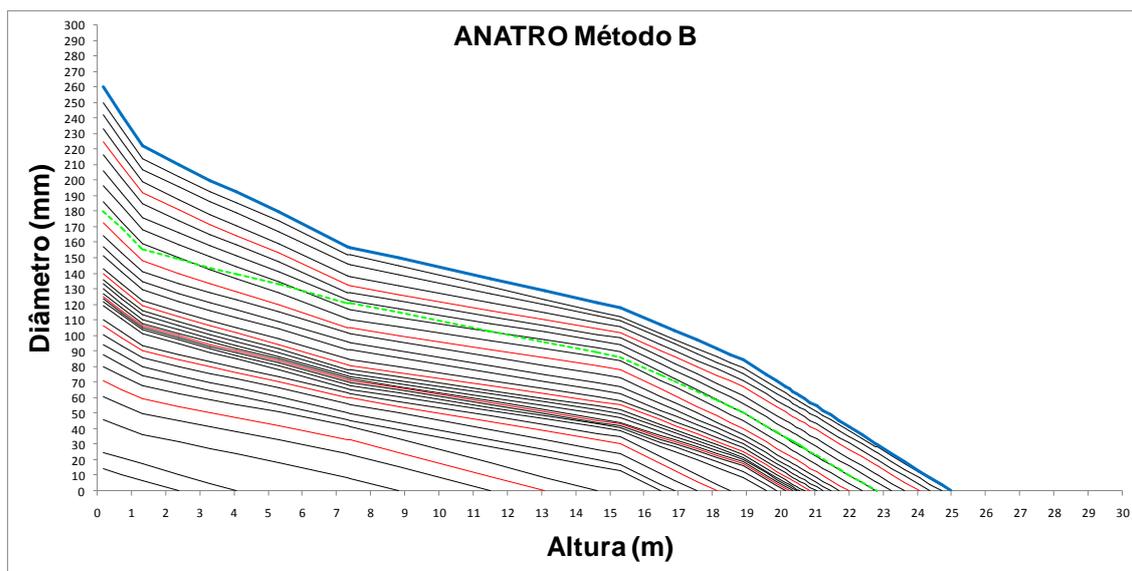
### 4.1 ANÁLISE DE TRONCO

#### 4.1.1 As distâncias entre os discos

As diferentes metodologias: retirada de discos de três em três metros (Método A) e retirada de discos nas alturas comerciais do fuste (Método B) podem ser visualizadas nas Figuras 4 e 5, respectivamente.



**FIGURA 4** - ÁRVORE DOMINANTE DE TECA EM QUE A ANÁLISE DE TRONCO FOI EXECUTADA COM FATIAS RETIRADAS EM ALTURAS DE 3 EM 3 METROS (MÉTODO A).



**FIGURA 5** - ÁRVORE DOMINANTE DE TECA EM QUE A ANÁLISE DE TRONCO FOI EXECUTADA DE ACORDO COM O APROVEITAMENTO COMERCIAL DA TORA (MÉTODO B).

As diferentes metodologias, adaptadas para a análise de tronco, permitiram reconstruir satisfatoriamente o crescimento das árvores dominantes ao longo dos anos, não havendo diferença relevante dos valores de diâmetro e de altura entre os dois métodos testados.

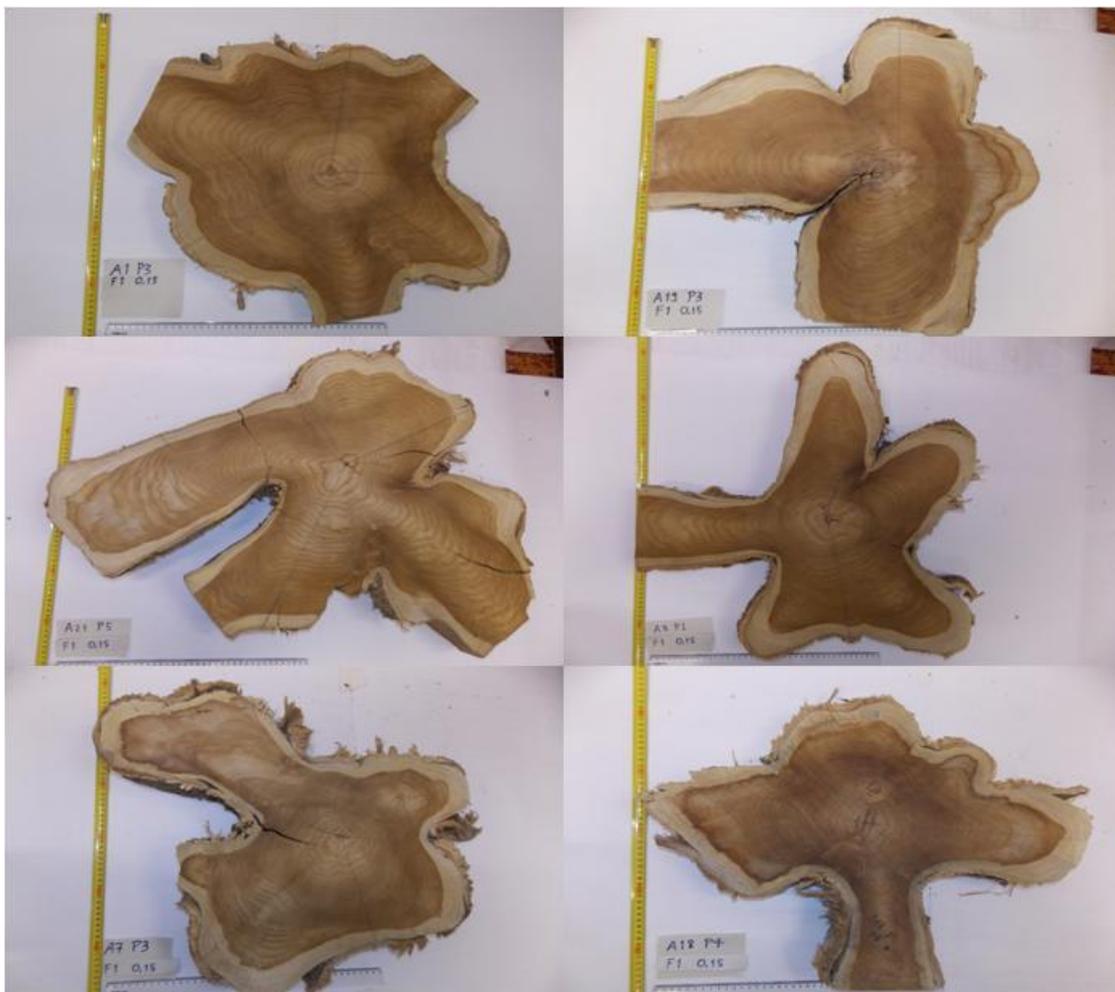
Os valores de diâmetro à altura do peito (DAP) e de altura total (H) encontrados na análise de tronco são semelhantes aos valores mensurados nas parcelas permanentes. Além disso, a associação da análise de tronco à cubagem rigorosa na idade de colheita permitiu garantir uma forma (afilamento) representativa dos fustes.

#### 4.1.2 Medição dos anéis

O software ANATRO-Livre® foi testado, mas não pode ser utilizado para medição dos anéis. A tonalidade mista da coloração dos discos impossibilitou a distinção dos anéis através do contraste entre o claro e o escuro.

Optou-se pela medição visual dos anéis conforme a metodologia tradicional descrita por Barusso (1977), em que a partir da distância anti-horária

de 45° do maior raio do disco, são traçados quatro raios equidistantes 90° entre si para medição dos anéis. Contudo, esta metodologia não foi eficiente para medição dos discos que não possuem uma forma aproximadamente circular, como os representados na Figura 6.



**FIGURA 6 - DISCOS DE *Tectona grandis* COM FORMAS EXCÊNTRICAS.**

Estes discos apresentam formas excêntricas distintas, e o método descrito por Barusso (1977) resultava em estimativas errôneas da área de crescimento dos anéis.

A solução foi descrever um método adaptado de medição dos anéis de crescimento, que consiste em: traçar quatro raios que representem a área dos anéis de crescimento, ou seja, a média destes quatro raios deve representar uma área circular correspondente à área dos discos. São

selecionados e traçados dois raios que apresentem maior comprimento e dois raios que apresentem menor comprimento no disco. Estes raios também devem estar isentos de deformidades dos anéis de crescimento, como aqueles ocasionados por marcas ou calos de cicatrização.

A excentricidade do fuste da Teca ocorre, principalmente, nas alturas próximas a base, onde existe a formação de “sapopemas”. A formação de sapopemas é uma característica genética da Teca (KAOSA-ARD, 1999). Outra explicação para essa deformidade é a “brotação múltipla da muda” da Teca. Segundo Cáceres Florestal (2006) a muda da Teca pode emitir mais de um broto que toma a direção vertical e compete com o caule principal, sendo necessário remover o excesso de brotação dessas mudas. O processo de desbrota pode acarretar numa cicatrização que interrompe o anel típico de crescimento ou forma uma excentricidade da multiplicação celular na região do calo cicatricial.

Também pode ocorrer ao longo do fuste deformidades dos anéis de crescimento decorrentes da formação de nós por causa da emissão de galhos pela árvore. Segundo Carneiro (2012) mesmo em árvores em que são executadas as “desramas verdes” (desrama de galhos vivos) pode existir a presença de nós no interior do fuste, esta região é conhecida como “núcleo nodoso”.

## 4.2 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

Considerando os pares de dados de todas as idades, da análise de tronco e das parcelas permanentes, foi estimado o coeficiente de correlação de Pearson entre a altura (H) e o diâmetro (DAP). Esta correlação foi de 0,88.

Segundo Scolforo (1997), de maneira geral a correlação altura-diâmetro não é alta, não sendo comum esta correlação ser maior que 0,8, mesmo em florestas plantadas. Isto indica que a variação dos diâmetros está fortemente correlacionada com a variação das alturas ao longo dos anos. Mas devemos ressaltar que esta correlação seria menor se as estimativas fossem para uma idade específica. Isto porque os valores de crescimento em altura (m)

e em diâmetro (cm) possuem, proporcionalmente, uma taxa de crescimento semelhante ao longo dos anos.

Na Tabela 5 podem-se observar os coeficientes e estatísticas para oito modelos de relação hipsométrica.

**TABELA 5 - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE RELAÇÃO HIPSONOMÉTRICA AJUSTADOS PARA UM POVOAMENTO DE *TECTONA GRANDIS*.**

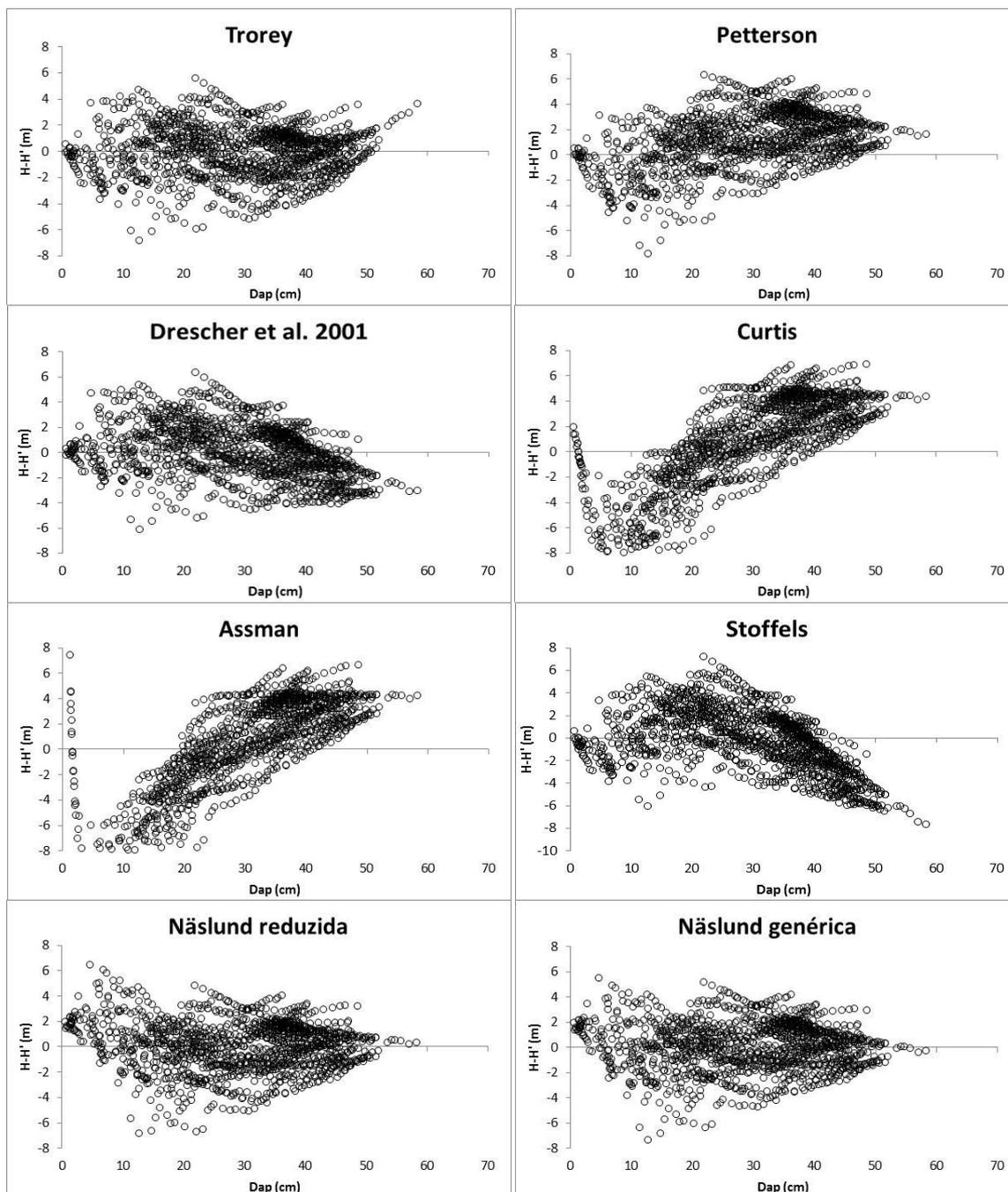
N°	Modelos	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$R^2_{aj.}$	$S_{yx}\%$	$F_c$
1	Trorey	0,8628	1,0977	-0,0125	0,89	9,26	11584,03
2	Petterson	0,1874	1,2193	-	0,81	12,35	4703,84
3	Drescher <i>et al.</i> (2001)	0,1572	1,9167	-0,6272	0,87	10,25	11423,01
4	Curtis	3,1302	-3,2741	-	0,59	18,29	963,5
5	Assmann	22,2897	-32,1465	-	0,38	22,51	827,61
6	Stoffels	0,7493	0,6777	-	0,79	13,12	7993,79
7	Näslund reduzida	6,5918	0,0371	-	0,89	9,52	12175,68
8	Näslund genérica	3,7532	0,2416	0,0329	0,89	9,35	11709,38

Onde:  $\beta_i$ = Coeficientes de regressão;  $R^2_{aj.}$ = Coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$ = Erro padrão das estimativas em percentagem;  $F_c$ = Valor do teste F.

Com base no erro padrão de estimativas, no coeficiente de determinação ajustado e no valor de F calculado, os modelos de Trorey, de Drescher et al. (2001), de Näslund em forma reduzida e de Näslund em forma adaptada obtiveram os ajustes de maior precisão. Os demais modelos apresentam valores que não indicam sua utilização para expressar a relação hipsométrica do povoamento de Teca.

Os valores de erro padrão das estimativas ( $S_{yx}\%$ ) para os melhores modelos foram baixos, para este conjunto de dados, sendo indicados para descrever o padrão de desenvolvimento do diâmetro em relação à altura ao longo dos anos.

Para avaliar a acurácia dos modelos ainda foi analisada a distribuição residual das estimativas (Figura 7).



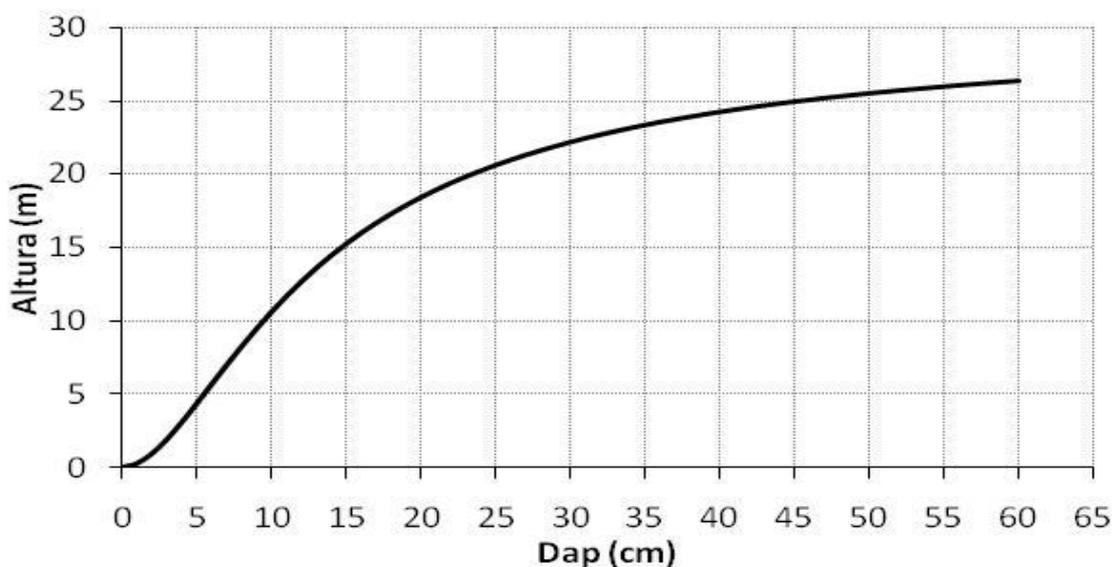
**FIGURA 7** - DISTRIBUIÇÃO RESIDUAL DAS ESTIMATIVAS DE OITO MODELOS DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA *Tectona grandis* L.F.

Nota-se que houve pouca precisão das estimativas na relação hipsométrica nos diferentes modelos, além de elevado erro absoluto. Os valores subestimados ou superestimados foram superiores a 6 metros. Isto pode ser justificado pelo fato desta relação hipsométrica envolver todas as

idades e parcelas. Se os ajustes fossem para uma idade específica, os erros absolutos seriam menores.

O modelo genérico de Näslund (modelo 8) foi selecionado por apresentar os menor erro padrão de estimativas, o maior coeficiente de determinação ajustado, e o maior valor de F calculado, além de uma adequada distribuição residual das estimativas.

A curva de relação hipsométrica estimada (Figura 8) representa a relação entre o diâmetro e a altura em diferentes idades. Nela estão contidas relações ao longo do ciclo de vida do povoamento até a colheita aos 33 anos de idade. Por isso tende a se estabilizar para as maiores alturas, quando a taxa de crescimento em altura diminui mais rapidamente que a taxa de crescimento em diâmetro.



**FIGURA 8** - RELAÇÃO HIPSONÉTICA DE *Tectona grandis* ATÉ A FASE DE COLHEITA FLORESTAL.

Verifica-se a similaridade da relação hipsométrica quando comparamos regiões da África, onde aos 20 anos, a altura era de aproximadamente 20 m de altura para 21 cm de DAP, e 22 m de altura para 23 cm de DAP (CENTENO, 1997). Também quando comparamos com Drescher (2004), em Mato Grosso, em que a relação era de 10 cm de diâmetro para 10 m de altura, e 20 cm de diâmetro para 17 metros de altura.

A curva de relação hipsométrica estimada por Rossi et al. (2011) através do modelo  $\frac{1}{\sqrt{H-1,3}} = 0,173 + 2,211 * \frac{1}{DAP} - 2,216 * (\frac{1}{DAP^2})$ , para um povoamento de 26 anos em Monte Dourado-PA, alcançou um diâmetro de 60 cm para uma altura próxima a 25 metros. Porém a curva estimada pelo autor possui um formato e inclinação diferentes da encontrada neste trabalho, obtendo valores de alturas inferiores quando relacionados aos mesmos diâmetros (por exemplo: 10 cm de DAP para 8 m de altura; 20 cm de DAP para 15 m de altura; 40 cm de DAP para 20 m de altura). Esta diferença pode estar relacionada ao menor incremento em altura descrito pelo autor, além das diferentes condições locais e estratégias silviculturais (menor densidade inicial, plantio consorciado com outra espécie, etc.).

#### 4.4 VOLUMETRIA

Por causa da grande variabilidade dos valores de DAP e altura nos três primeiros anos, os dados nessas idades não foram considerados para as estimativas volumétricas.

Os valores dos coeficientes e estatísticas dos modelos usados para estimar o volume encontram-se na Tabela 6.

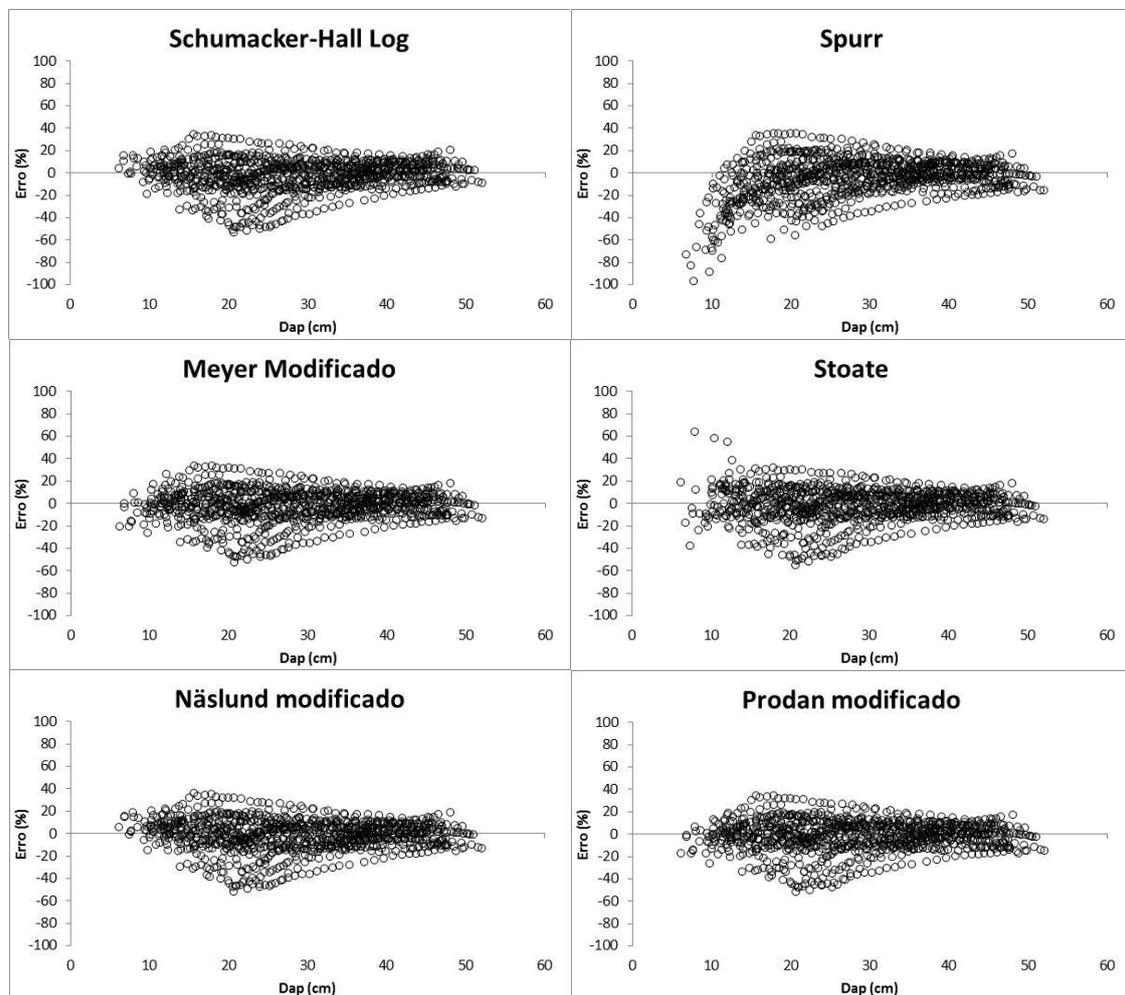
**TABELA 6** - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS VOLUMÉTRICOS AJUSTADOS PARA UM POVOAMENTO DE *TECTONA GRANDIS*.

N <sup>o</sup>	Modelos	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$R^2_{aj.}$	$S_{yx}\%$	$F_c$
1	Schumacker-Hall	-10,140	1,7282	1,2434	-	-	0,97	12,58	15879,28
2	Spurr	0,0304	$3 \times 10^{-5}$	-	-	-	0,97	12,86	15839,28
3	Meyer Modificado	-0,0002	0,0002	$3 \times 10^{-5}$	-	-	0,97	12,43	16976,25
4	Stoate	-0,0507	-0,0001	0,0061	$4 \times 10^{-5}$	-	0,97	12,48	16856,68
5	Naslund Modificado	$2,6 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	-	-	-	0,97	12,48	16838,17
6	Prodan Modificado	-	-8,9912	0,8701	0,1306	1,32	0,97	12,55	17013,44

Em que:  $\beta_i$ = Coeficientes de regressão;  $R^2_{aj.}$ = Coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$ = Erro padrão das estimativas em percentagem;  $F_c$ = Valor calculado pelo teste F.

Com base no erro padrão de estimativas, no coeficiente de determinação ajustado e no valor de F calculado todos os modelos testados obtiveram ajustes satisfatórios para a estimativa dos volumes.

Na Figura 9, a distribuição residual das estimativas indica valores superestimados na equação de Spurr e subestimados na equação de Stoaate para os menores diâmetros. Os demais modelos apresentaram uma distribuição residual livre de tendências, podendo ser utilizados para as estimativas volumétricas da Teca.



**FIGURA 9** - DISTRIBUIÇÃO RESIDUAL DAS ESTIMATIVAS DE SEIS MODELOS VOLUMÉTRICOS PARA *TECTONA GRANDIS*.

O modelo modificado de Meyer (Modelo 3) foi selecionado por apresentar o menor valor de erro padrão de estimativas, maior valor de coeficiente de determinação ajustado, maior valor de F calculado e distribuição residual das estimativas mais uniforme e livre de tendências.

Diversos autores descreveram a eficiência do modelo logarítmico de Schumacker e Hall para a Teca. (MORET et al., 1998; DRESCHER, 2004; GARCIA, 2006; CRUZ, 2007).

Figueiredo (2005) obteve ajustes satisfatórios com os modelos volumétricos de dupla entrada de Naslund e Meyer para Teca. O mesmo autor destacou problemas com o modelo de Spurr, ocorrendo erros das estimativas para os menores diâmetros, o que corrobora com os resultados obtidos para este modelo.

## 4.5 CRESCIMENTO

Para descrever o crescimento da Teca na região foram utilizadas oito equações (Tabela 3) que expressam para diferentes variáveis dendrométricas (diâmetro a altura do peito, altura dominante e volume individual) o padrão de desenvolvimento em função do tempo ou idade.

### 4.5.1 Diâmetro

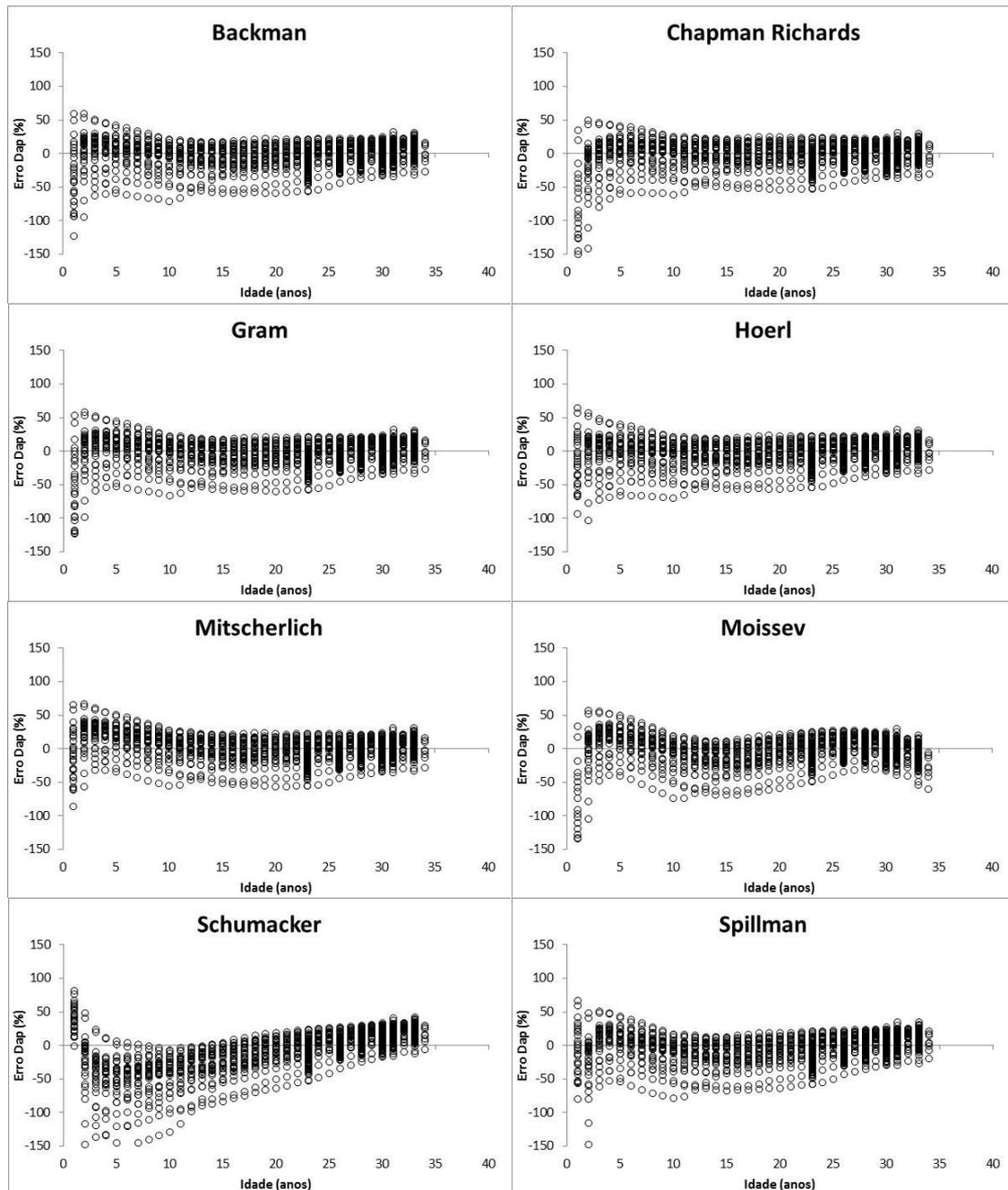
Na Tabela 7, observa-se, através das estatísticas dos modelos testados que, com exceção do modelo de Schumacker, todos os modelos obtiveram ajustes satisfatórios para a estimativa dos diâmetros.

**TABELA 7** - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE CRESCIMENTO AJUSTADOS PARA O DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) EM UM POVOAMENTO DE *TECTONA GRANDIS*.

Nº	Modelos	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2_{aj.}$	$S_{yx}\%$	$F_c$
1	Backman	0,9246	1,0827	-0,0849	-	0,82	15,79	3795,91
2	Chapman-Richards	594,2000	0,0005	0,6635	-	0,83	15,36	4158,70
3	Gram	1,0775	0,8667	-0,0132	-	0,82	15,88	3899,07
4	Hoerl	1,8321	-1,0517	0,5383	-	0,83	15,54	3897,35
5	Mitscherlich	55,8025	0,039	-	-	0,82	15,94	4279,39
6	Moissev	1,1311	0,2973	-0,0133	0,0002	0,81	16,18	2766,02
7	Schumacker	3,5910	-3,4745	-	-	0,63	22,81	567,99
8	Spillmam	3,9476	-11,2358	20,3314	-12,3336	0,80	16,85	21523,92

Em que:  $\beta_i$ = Coeficientes de regressão;  $R^2_{aj.}$ = Coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$ = Erro padrão das estimativas em percentagem;  $F_c$ = Valor calculado pelo teste F.

O modelo de Chapman-Richards obteve os melhores valores para estes índices, contudo é essencial analisar seu comportamento na distribuição residual das estimativas (Figura 10).

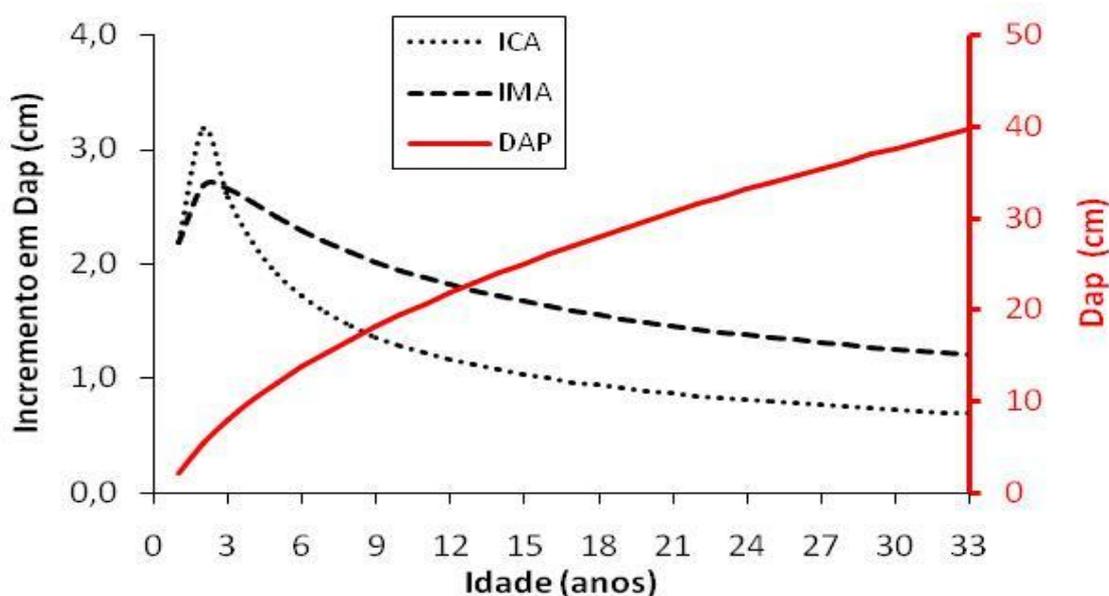


**FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO RESIDUAL DAS ESTIMATIVAS DE DAP PARA *TECTONA GRANDIS*.**

Nota-se grande tendência a superestimativas nas idades iniciais para as equações de Chapman-Richards, de Moissev e de Schumacker. Os demais modelos apresentaram uma distribuição residual livre de tendências, sendo todos recomendados para as estimativas de crescimento diamétrico para Teca.

O modelo que apresentou os melhores valores de erro padrão de estimativas, de coeficiente de determinação ajustado, de valor de F calculado e distribuição residual das estimativas foi o modelo de Hoerl.

A partir do modelo de Hoerl foram construídas as curva de crescimento, de incremento corrente anual e incremento médio anual para Teca até a idade de 33 anos (Figura 11).



**FIGURA 11** - CRESCIMENTO E INCREMENTO EM DIÂMETRO, ESTIMADO PELO MODELO DE HOERL, PARA UM POVOAMENTO DE *Tectona grandis* ATÉ A IDADE DE ROTAÇÃO.

Em geral, os valores de DAP para este povoamento (Figura 9) foram superiores aos observados por Silva (2012) em Jangada-MT (23 cm aos 20 anos) e em Alta Floresta - MT (18 cm aos 12 anos) e ao observado no Pará (30 cm aos 24 anos) por Rossi et al. (2011). Contudo, inferiores aos valores descritos por Binoti (2011) em Cuiabá-MT, onde o DAP era de 28,7 cm aos 12 anos de idade.

O máximo incremento médio anual em diâmetro ocorreu por volta dos três anos, quando a curva do IMA interceptou a curva do ICA. Isto corrobora com Higuchi (1979) que também encontrou o ponto de interceptação na idade de 3 anos, para três povoamentos estudados na mesma região deste estudo.

Alguns autores descrevem este máximo incremento aos 4 ou 5 anos de idade (Noor, 2003; Menon et. Al., 2011). Isto indica que ocorreu cedo, no presente caso, provavelmente por causa da competição intra-específica proporcionada pela alta densidade inicial de 2500 indivíduos por hectare.

#### 4.5.2 Altura Dominante

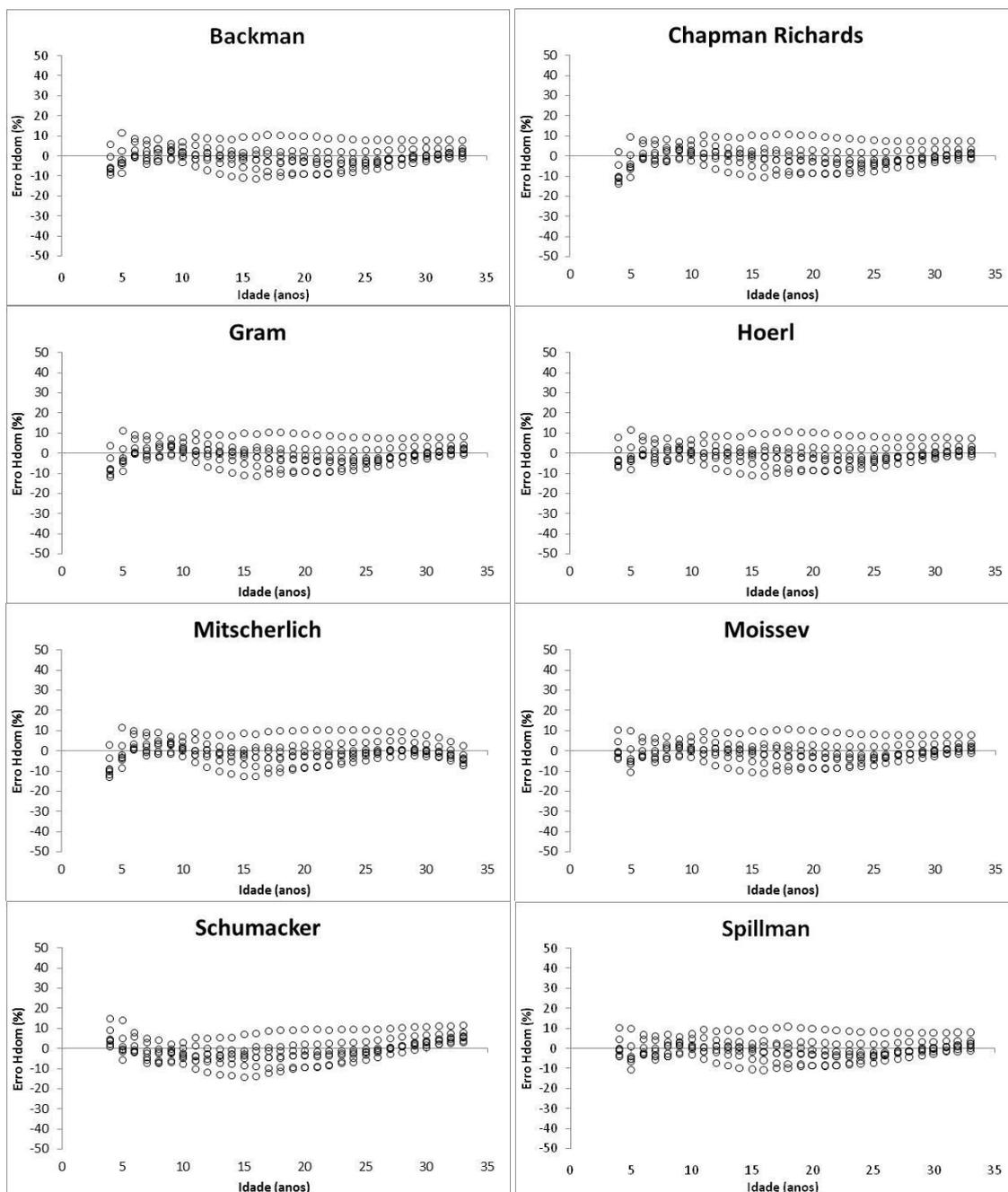
Todos os modelos obtiveram ajustes satisfatórios para a estimativa das alturas dominantes (Tabela 8).

**TABELA 8** - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE CRESCIMENTO AJUSTADOS PARA A ALTURA DOMINANTE EM UM POVOAMENTO DE *TECTONA GRANDIS*.

Nº	Modelos	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2_{aj.}$	$S_{yx}\%$	$F_c$
1	Backman	1,5430	0,7573	-0,0799	-	0,92	5,18	1290,36
2	Chapman-Richards	28,4771	0,0436	0,4732	-	0,92	5,21	1250,38
3	Gram	1,8099	0,4992	-0,0104	-	0,92	5,28	1244,93
4	Hoerl	2,6434	-1,9077	0,1811	-	0,93	5,08	1328,25
5	Mitscherlich	24,3174	0,1315	-	-	0,89	6,24	971,23
6	Moissev	2,0450	0,1266	-0,0053	0,0001	0,92	5,29	1246,36
7	Schumacker	3,2880	-3,7957	-	-	0,90	5,99	851,96
8	Spillmam	3,4532	-8,9681	38,9070	-80,1738	0,93	5,12	1300,31

Em que:  $\beta_i$ = Coeficientes de regressão;  $R^2_{aj.}$ = Coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$ = Erro padrão das estimativas em percentagem;  $F_c$ = Valor calculado pelo teste F.

Na análise da distribuição residual das estimativas (Figura 12) notam-se problemas nas idades iniciais para todas as equações, contudo os menores problemas de tendências ocorrem para os modelos de Hoerl, Moissev e Spillman.



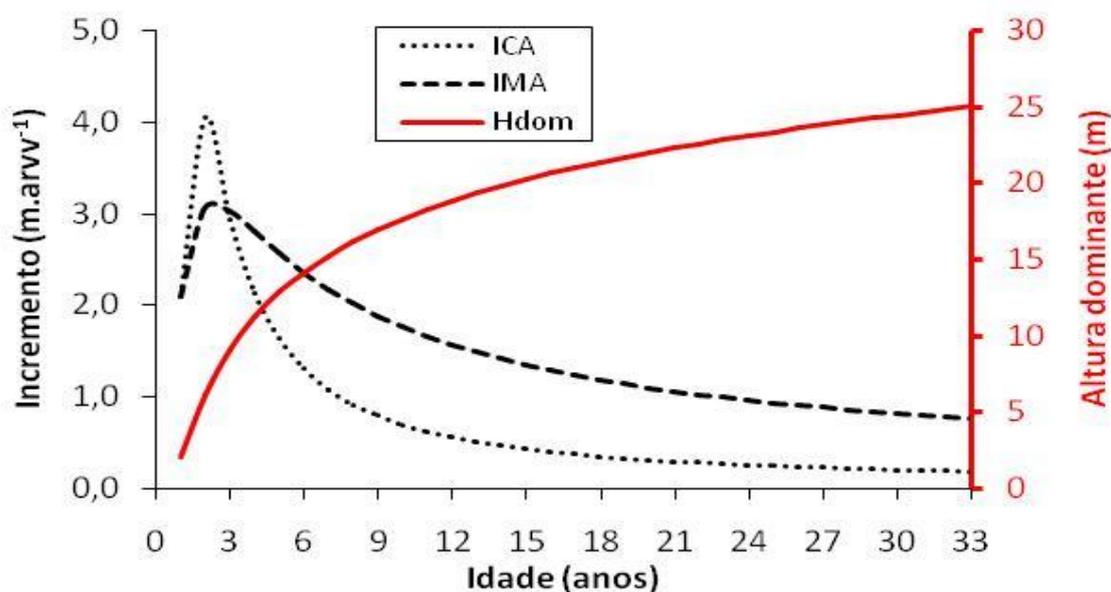
**FIGURA 12** - DISTRIBUIÇÃO RESIDUAL DAS ESTIMATIVAS DE ALTURA DOMINANTE (HDOM) PARA *Tectona grandis* ATRAVÉS DE MODELOS CRESCIMENTO.

A grande instabilidade da modelagem nas idades iniciais também foi encontrada por Figueiredo (2005), onde a distribuição dos resíduos demonstrou superestimativas para as idades inferiores aos quatro anos.

O modelo de Chapman-Richards é amplamente utilizado (NANANG e NUNIFU,1999; DRESCHER, 2004; PEREZ e KAMMINEN, 2005; TONINI, 2009) para descrever o crescimento em altura dominante. Porém existem divergências quanto ao padrão de crescimento da Teca nas idades iniciais. Isso pode ser justificado pela maior heterogeneidade expressada no crescimento do povoamento nos primeiros anos após implantação, que é influenciado por uma série de fatores como: técnicas de preparo do solo e plantio, condução das mudas no campo, variabilidade genética e micro-condições edáficas, entre outras.

O modelo de Hoerl foi selecionado como o que melhor descreveu o crescimento em altura dominante para este povoamento de Teca até a idade de 33 anos.

Pode-se notar, na Figura 13, que as curvas de crescimento e as curvas de incremento (ICA e IMA) da altura dominante indicam que o máximo IMA em altura dominante ocorre por volta dos 3 anos, quando a curva do IMA interceptou a curva do ICA.



**FIGURA 13** - CURVAS DE CRESCIMENTO E INCREMENTO EM ALTURA DOMINANTE, PELO MODELO DE HOERL, PARA UM POVOAMENTO DE *Tectona grandis* ATÉ A IDADE DE ROTAÇÃO.

Os valores estimados para as alturas dominantes foram superiores aos descritos, até os sete anos, por Nogueira (2003) em Mato Grosso, por Drescher (2004), até os dez anos, em Brasnorte-MT e Santo Antônio do Leverger-MT, por Bezerra (2009), até os 13 anos, em Jangada-MT e por Tonini (2009), até os sete anos, em Santo Antônio do Leverger-MT. Mas foram inferiores aos descritos por Cruz (2005), até os 7 anos, em Tangará da Serra-MT e por Pelissari (2012), até os dez anos, em Nossa Senhora do Livramento-MT.

Ao analisar a relação entre incrementos (ICA e IMA) em altura, para a mesma região deste estudo (mesma fazenda em talhões diferentes), Higuchi (1979) encontrou uma variação do ponto de interceptação entre 2,5 a 4,5 anos para três povoamentos analisados, corroborando com o ponto de interceptação, próximo aos três anos, encontrado neste trabalho.

Silva (2012) encontrou o máximo incremento médio anual aos 1,8 anos de idade no município de Alta Floresta, MT.

A alta densidade de indivíduos arbóreos associada a elevadas taxas de crescimento antecipam o processo competitivo por luz e nutrientes. Segundo Galloway (1995) a competição entre as árvores acarreta em primeira ordem a redução do crescimento em diâmetro, e em segunda ordem pode afetar o crescimento em altura. Portanto o máximo incremento médio em altura deve ocorrer mais cedo em espaçamentos reduzidos, onde o processo competitivo ocorre antecipadamente.

### 4.5.3 Volume individual

Na Tabela 9 estão os coeficientes e estatísticas dos oito modelos testados. O modelo de Schumacker (modelo 7) não obteve estimativas satisfatórias para o crescimento em volume individual, enquanto que os modelos restantes obtiveram valores semelhantes: mediano coeficiente de determinação ajustado (0,88), altos valores de erro padrão das estimativas (25%) e significância nos valores de F calculado.

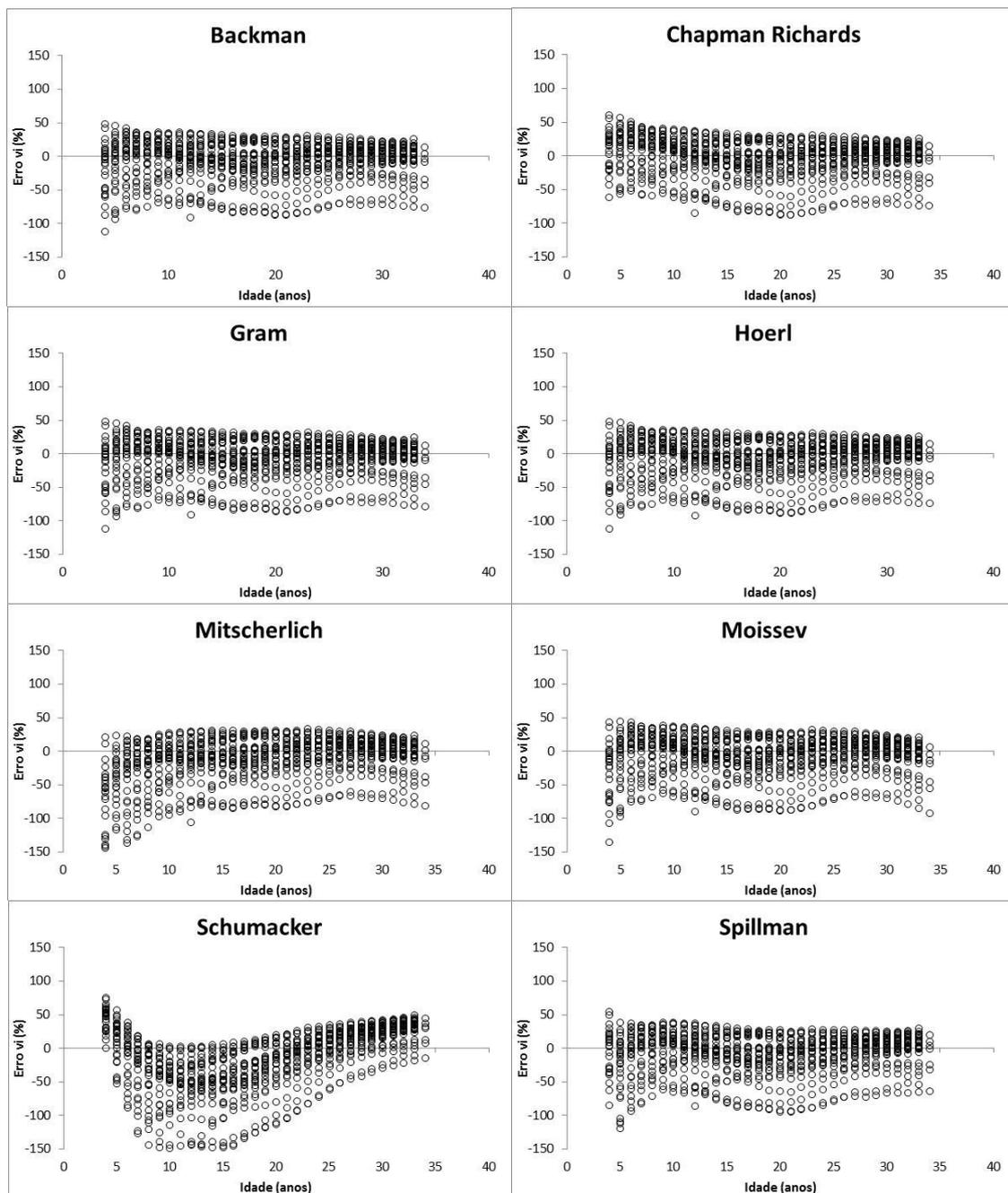
**TABELA 9** - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE CRESCIMENTO AJUSTADOS PARA VOLUME INDIVIDUAL NUM POVOAMENTO DE *TECTONA GRANDIS*.

N°	Modelos	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2_{aj.}$	$S_{yx}\%$	$F_c$
1	Backman	-4,7445	1,2351	0,0729	-	0,88	25,09	3442,61
2	Chapman-Richards	101,0000	0,0030	1,7502	-	0,88	25,08	3466,12
3	Gram	-4,9283	1,4308	0,0122	-	0,88	25,10	3486,85
4	Hoerl	-5,6005	1,2729	1,7201	-	0,88	25,09	3376,68
5	Mitscherlich	-0,3935	-0,0503	-	-	0,88	25,32	3207,15
6	Moissev	-3,9630	0,3316	-0,0102	-	0,88	25,62	3395,48
7	Schumacker	0,5435	-16,9302	-	-	0,72	38,52	687,09
8	Spillmam	1,9708	-60,7388	315,3262	-609,6862	0,88	25,36	3160,19

Em que:  $\beta_i$ = Coeficientes de regressão;  $R^2_{aj.}$ = Coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$ = Erro padrão das estimativas em percentagem;  $F_c$ = Valor calculado pelo teste F.

Os modelos de Backman, Chapman-Richards, Gram e Hoerl obtiveram as melhores estimativas, com valores de coeficiente de determinação ajustado de 0,88 e erro padrão das estimativas inferior ou igual a 25,10%.

Na análise da distribuição residual das estimativas (Figura 14) nota-se que o modelo de Schumacker não foi eficiente para descrever o padrão de crescimento volumétrico da Teca.



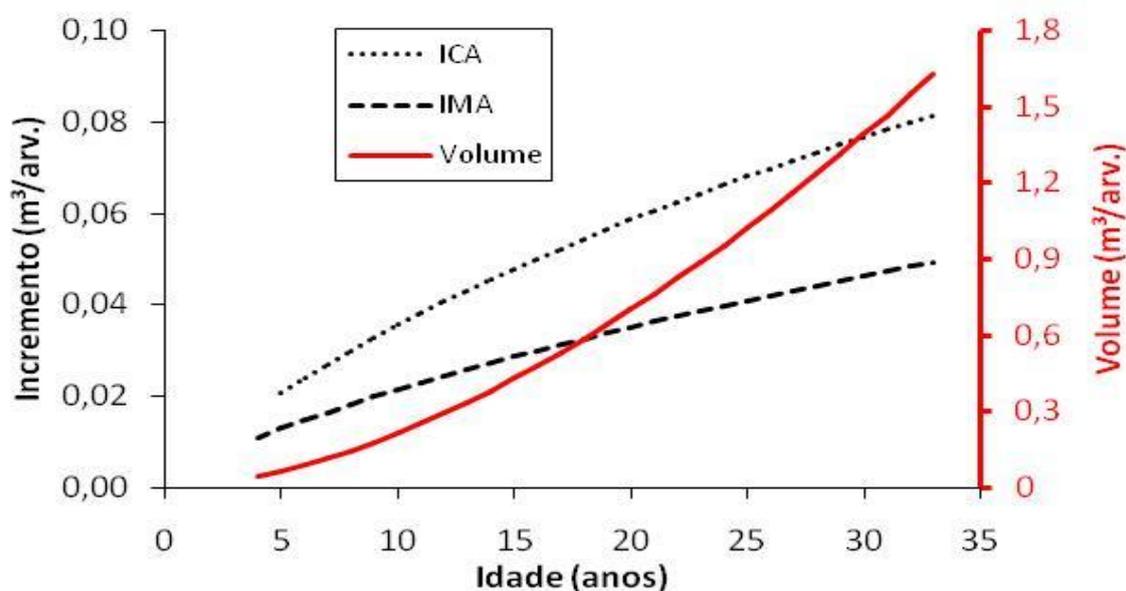
**FIGURA 14 - DISTRIBUIÇÃO RESIDUAL DAS ESTIMATIVAS DE VOLUME INDIVIDUAL PARA *Tectona grandis* ATRAVÉS DE MODELOS CRESCIMENTO.**

As estimativas para os modelos de Mitscherlich, de Moissev, de Spillman, de Backman e Hoerl tendem a superestimar os volume nas idades iniciais mais de 100%.

O modelo de Chapman-Richards foi selecionado para representar o crescimento volumétrico dos indivíduos arbóreos de Teca até os 33 anos. Este

modelo foi selecionado por diversos autores (PIENNAR e TUNBULL, 1973; CRUZ, 2005; SILVA, 2012), sendo eficiente para modelagem do crescimento de árvores e destaca-se por ser um modelo biológico, ou seja, baseado no crescimento real de organismos ou indivíduos.

Na Figura 15 pode-se verificar a tendência de crescimento volumétrico individual da Teca até a idade de 33 anos. O volume individual ou volume por árvore alcançou  $1,1 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$  aos 26 anos e  $1,6 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$  aos 33 anos, sendo superior ao descrito por Rossi et al. (2011) em Monte Dourado, no Pará, em que aos 26 anos as árvores possuíam um volume de  $0,64 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$ .



**FIGURA 15** - CRESCIMENTO E INCREMENTO EM VOLUME INDIVIDUAL PARA UM POVOAMENTO MADURO DE *Tectona grandis*.

O incremento volumétrico dos indivíduos é crescente no período analisado, atingindo um incremento corrente anual de  $0,08 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$  e um incremento médio anual de  $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$  aos 33 anos.

#### 4.5.4 Resumo do crescimento de todas as variáveis

Foi agrupado, na Tabela 10, o padrão de desenvolvimento das variáveis: diâmetro à altura do peito (DAP), altura dominante (Hdom) e volume individual (v) em função do tempo (idade).

**TABELA 10** - ESTIMATIVAS DO PADRÃO DE CRESCIMENTO DE *Tectona grandis* ATÉ A FASE DE COLHEITA FLORESTAL, NA REGIÃO DE INDIAVAÍ - MT.

Idade	DAP (cm)	Altura dominante (m)	Volume individual (m <sup>3</sup> .arv <sup>-1</sup> )
1	2,18	2,09	-
2	5,36	6,14	-
3	7,95	9,08	-
4	10,13	11,22	0,0437
5	12,04	12,85	0,0644
6	13,75	14,15	0,0884
7	15,32	15,23	0,1155
8	16,78	16,14	0,1455
9	18,14	16,93	0,1783
10	19,42	17,63	0,2138
11	20,64	18,25	0,2520
12	21,81	18,81	0,2927
13	22,92	19,32	0,3358
14	23,99	19,79	0,3813
15	25,02	20,22	0,4291
16	26,02	20,62	0,4792
17	26,99	20,99	0,5315
18	27,93	21,35	0,5859
19	28,84	21,68	0,6423
20	29,73	21,99	0,7008
21	30,60	22,28	0,7613
22	31,45	22,57	0,8237
23	32,27	22,83	0,8881
24	33,09	23,09	0,9543
25	33,88	23,34	1,0223
26	34,66	23,57	1,0921
27	35,42	23,80	1,1636
28	36,17	24,02	1,2369
29	36,91	24,23	1,3118
30	37,64	24,43	1,3884
31	38,35	24,62	1,4666
32	39,05	24,81	1,5464
33	39,75	25,00	1,6277

Em sítios de qualidade mediana, em Trindade e Tobago, num povoamento de 30 anos de idade, sob um sistema silvicultural semelhante (mesma origem seminal, alta densidade inicial de indivíduos e execução de seis desbastes), o DAP era de 29,1 cm, a altura total de 25 m e o volume individual era de  $0,60 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$  (STREETS, 1962).

Os valores de crescimento em diâmetro foram inferiores (12 anos aos 20 anos) aos descritos por Bezerra et al (2011) como de um “*povoamento ideal*”, ao analisar crescimento, sortimento e custos de povoamentos de Teca. Este autor indica que um “povoamento ideal” deve atingir valores de 23 cm de DAP aos 12 anos e 33,5 cm DAP aos 20 anos de idade.

#### 4.6 CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA LOCAL

Por causa da grande variabilidade das alturas nos três primeiros anos, não foram utilizados os dados dessas idades.

##### 4.6.1 Modelo Selecionado

Na Tabela 11 estão os ajustes do modelo de Hoerl para cada parcela.

**TABELA 11 - ESTIMATIVAS DAS ALTURAS DOMINANTES INDIVIDUALIZADAS POR PARCELAS, UTILIZANDO O MODELO DE HOERL.**

Parc	1	2	3	4	5	6	7
$S_{yx}\%$	0,16	0,06	0,18	0,11	0,06	0,09	0,09
$R^2$	0,980	0,998	0,971	0,987	0,996	0,994	0,995
$F_c$	734,70	6601,70	510,00	1145,26	3397,57	2414,54	2834,64
$\beta_0$	2,3174	2,5936	2,4742	2,6479	2,8629	2,6623	2,9456
$\beta_1$	-1,0422	-2,0390	-1,3992	-1,6588	-1,9472	-2,1477	-3,1203
$\beta_2$	0,2548	0,2078	0,2176	0,1722	0,1102	0,1742	0,1311

Em que:  $S_{yx}\%$  = erro padrão das estimativas em percentagem;  $R^2$  aj. = coeficiente de determinação ajustado;  $F_c$  = valor calculado pelo teste F;  $\beta_i$  = coeficientes de regressão.

Observa-se que o modelo de Hoerl obteve bons ajustes para todas as parcelas, com baixo erro padrão das estimativas e alto coeficiente de determinação ajustado.

#### 4.6.2 Teste de anamorfismo

Para verificar se as diferentes parcelas apresentam a mesma tendência de crescimento é possível realizar uma análise de covariância (Tabela 12), conforme preconizado por Selle et al (2008) e Schneider et al. (2009).

**TABELA 12 - ANÁLISE DE COVARIÂNCIA DAS ALTURAS DOMINANTES POR PARCELAS PARA O MODELO DE HOERL.**

<b>Classe</b>	<b>Parcelas</b>	<b>Valores</b>					<b>Observações</b>		
Parc	7	1	2	3	4	5	6	7	231
<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;F</b>				
Modelo	13	6025,65	463,51	79,85	<0,0001				
Erro	217	1259,67	5,80						
Total	230	7285,32							
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>CV</b>	<b>Erro quadrático médio</b>			<b>H Média</b>				
0,83	12,67	2,41			19,00				
<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ (I SS)</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr&gt;F</b>				
Parcela	6	54,70	9,12	1,57	0,1569				
Idade	1	5939,07	5939,07	1023,10	<0,0001				
Parcela*idade	6	31,88	5,31	0,92	0,4847				

Através do modelo ( $H_{dom} = Parc\ Id\ Parc*Id$ ) pôde ser testada a hipótese da influência da parcela, do tempo e da parcela no tempo sobre o crescimento em altura dominante.

Nota-se que o tratamento “parcela” não foi significativo ( $F= 1,57$ ; Probabilidade  $< 0,0001$ ), indicando não haver influência das parcelas sobre o crescimento em altura dominante.

Os dados podem ser tratados como um grupo uniforme e único, curvas de índice de sítio do tipo monomórficas.

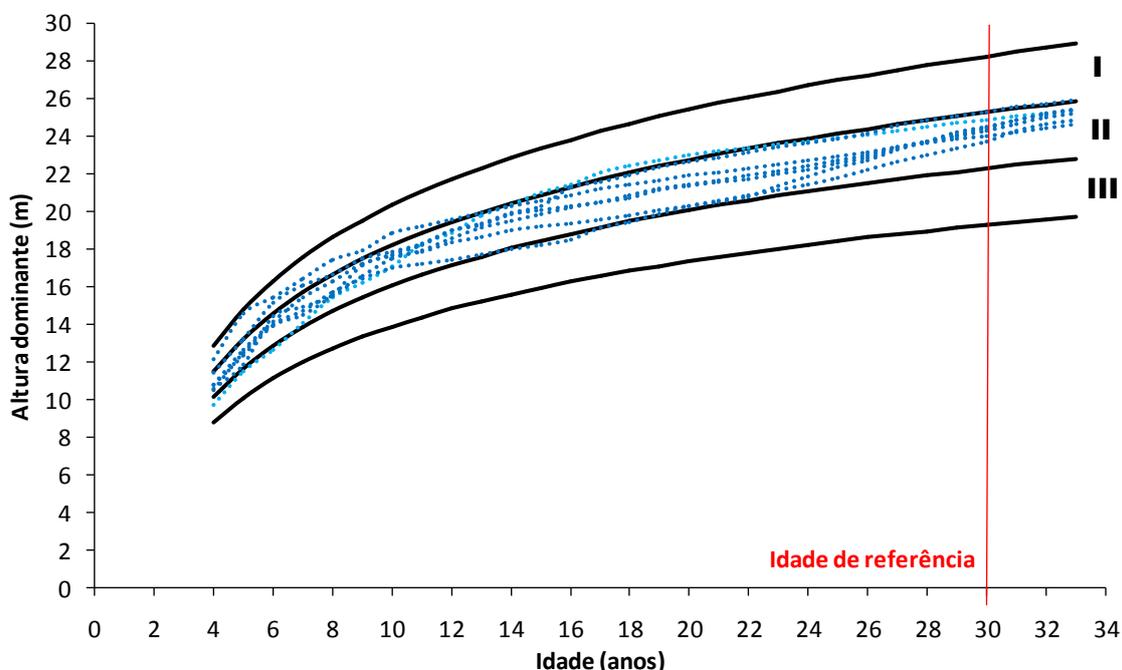
### 4.6.3 Curvas de índice de sítio

A partir do modelo selecionado (Hoerl) foi possível construir a curva-guia que serve de base para a elaboração das curvas de índice de sítio. A idade de referência utilizada foi de 30 anos, sendo esta a época aproximada da colheita florestal.

Foram plotadas as alturas dominantes das parcelas nas curvas de índice de sítio para estabelecer o número de classes de produtividade necessárias, sendo estabelecida uma amplitude de três metros para cada classe.

Foram definidas, então, três classes de produtividade que podem ser nomeadas como Alta (Classe I), Média (Classe II) ou Baixa (Classe III).

A estabilidade de classificação (Figura 16), permanência de uma parcela na mesma classe de sítio ao longo dos anos foi satisfatória, principalmente para as idades mais avançadas do povoamento. Para as idades iniciais, Drescher (2004) e Selle et al (2008) também encontraram instabilidade na classificação.



**FIGURA 16** - ESTABILIDADE DA CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA LOCAL PARA TECA.

Todas as parcelas estudadas foram classificadas na classe de produtividade II, sendo que a parcela sete “oscilou” entre a classe de produtividade I e II nas idades mais jovens.

#### 4.6.4 Classes de sítios

Os limites inferiores e superiores das três classes de sítio podem ser visualizados na Tabela 13.

**TABELA 13** - CLASSES DE ÍNDICE DE SÍTIO PARA *Tectona grandis* NA REGIÃO DE INDIAVAÍ, MT.

CLASSES DE SÍTIO						
Idade (anos)	Classe III		Classe II		Classe I	
	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls
4	8,8	10,2	10,2	11,5	11,5	12,9
5	10,1	11,7	11,7	13,2	13,2	14,8
6	11,2	12,9	12,9	14,6	14,6	16,3
7	12,0	13,9	13,9	15,7	15,7	17,6
8	12,7	14,7	14,7	16,7	16,7	18,6
9	13,4	15,4	15,4	17,5	17,5	19,6
10	13,9	16,1	16,1	18,2	18,2	20,4
11	14,4	16,7	16,7	18,9	18,9	21,1
12	14,9	17,2	17,2	19,5	19,5	21,7
13	15,3	17,6	17,6	20,0	20,0	22,3
14	15,6	18,1	18,1	20,5	20,5	22,9
15	16,0	18,5	18,5	20,9	20,9	23,4
16	16,3	18,8	18,8	21,3	21,3	23,8
17	16,6	19,2	19,2	21,7	21,7	24,3
18	16,9	19,5	19,5	22,1	22,1	24,7
19	17,1	19,8	19,8	22,4	22,4	25,1
20	17,4	20,1	20,1	22,8	22,8	25,4
21	17,6	20,4	20,4	23,1	23,1	25,8
22	17,8	20,6	20,6	23,4	23,4	26,1
23	18,1	20,9	20,9	23,6	23,6	26,4
24	18,3	21,1	21,1	23,9	23,9	26,7
25	18,4	21,3	21,3	24,2	24,2	27,0
26	18,6	21,5	21,5	24,4	24,4	27,3
27	18,8	21,7	21,7	24,6	24,6	27,5
28	19,0	21,9	21,9	24,9	24,9	27,8
29	19,2	22,1	22,1	25,1	25,1	28,0
30	19,3	22,3	22,3	25,3	25,3	28,3
31	19,5	22,5	22,5	25,5	25,5	28,5
32	19,6	22,7	22,7	25,7	25,7	28,7
33	19,8	22,8	22,8	25,9	25,9	28,9

Em que: Li = Limite inferior e Ls = Limite superior.

Estes limites permitem identificar com facilidade a classe produtiva de povoamentos de Teca na região de estudo.

Em Brasnorte e Tangará da Serra, Drescher (2004) estabeleceu aos 10 anos de idade do povoamento, cinco classes de sítio (intervalo de 2 metros) que variavam entre 10 e 20 metros de altura. Em Alta Floresta, Silva (2012) estabeleceu, aos 13 anos de idade, quatro classes de sítio (intervalo de 1,83 metros) que variavam entre 11 e 22 metros de altura. Em Santo Antônio do Leverger, Novaes (2009) estabeleceu três classes de produtividade, aos 7 anos, que variavam entre 13,5 e 16,5 metros. Em Jangada, Bezerra estabeleceu três classes de sítio que, aos 13 anos, variavam entre 4,5 e 22,3 metros de altura.

Estes valores demonstram que as classes estabelecidas neste trabalho encontram-se numa amplitude semelhante aos descritos por estes autores para Mato Grosso.

#### 4.1 ANÁLISE DE SOLOS

Os resultados das análises de solo, coletadas a 0-20 cm de profundidade, em povoamentos de Teca em idade de colheita (33 e 34 anos) estão dispostos na Tabela 14.

**TABELA 14 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E ATRIBUTOS QUÍMICOS PARA SETE PARCELAS AMOSTRAIS DE TECA À UMA PROFUNDIDADE DE 0-20 CM.**

Amostra	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H	Mat. Org.	Areia	Silte	Argila	Sat. por Bases
	Água	CaCl <sup>2</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>				g/Kg			%		
<b>P1</b>	6,5	5,7	3,2	31	2,6	1,0	0,0	1,6	19,3	727	63	210	69,7
<b>P2</b>	6,9	6,2	4,8	33	3,6	1,2	0,0	0,7	20,6	727	59	214	87,5
<b>P3</b>	6,6	6,0	5,2	35	4,3	1,5	0,0	1,4	29,5	677	66	257	80,8
<b>P4</b>	6,8	6,1	8,4	116	4,9	1,7	0,0	1,3	33,9	643	84	273	83,9
<b>P5</b>	6,9	6,2	18,2	109	7,1	2,1	0,0	1,2	44,5	743	56	201	88,6
<b>P6</b>	6,4	5,7	5,5	57	3,3	1,2	0,0	2,2	27,9	727	59	214	67,9
<b>P7</b>	6,7	5,9	7,9	100	5,4	1,2	0,0	1,1	32,8	670	67	263	86,2
<b>Média</b>	<b>6,7</b>	<b>6,0</b>	<b>7,7</b>	<b>82</b>	<b>4,9</b>	<b>1,3</b>	<b>0,0</b>	<b>1,3</b>	<b>31,1</b>	<b>689</b>	<b>66</b>	<b>246</b>	<b>83,0</b>

Os solos apresentaram uma textura que varia entre franco-arenosa e franco-argilo-arenosa. Todas as parcelas tinham valores de pH superiores a 6,3, valor bastante superior a 5,5, considerado por Mollinedo Garcia (2003) e González (2010) como mínimo adequado para o crescimento da Teca.

Os níveis de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas parcelas foram inferiores ao descritos como ideais para a Teca, devendo ser o conteúdo ideal de cálcio superior a  $10 \text{ cmolc.dm}^{-3}$  e de magnésio superior a  $5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$  (VÁSQUEZ e UGALDE, 1995; MOLLINEDO GARCIA, 2003). Contudo não foi identificado, visualmente, qualquer sintoma de clorose internerval ou necrose nas folhas das árvores que indicam a deficiência de cálcio ou magnésio.

Conforme Mollinedo Garcia (2003), nenhuma das parcelas tinham teores inadequados de fósforo (P), inferiores a  $0,5 \text{ mg.dm}^{-3}$ , e de potássio (K), inferiores a  $0,5 \text{ mg.dm}^{-3}$

A Teca é uma espécie extremamente sensível ao alumínio (Al) (MATRICARDI, 1989; MOLLINEDO GARCIA, 2003), mas nenhuma das parcelas analisadas apresentou qualquer teor de alumínio.

A matéria orgânica (MO) possui um papel fundamental de manutenção do pH e fornecimento de nutrientes para as plantas (SUZUKI et al., 2007), principalmente em solos arenosos. O teor de MO variou entre as parcelas, de 1,93% (Parcela 1) a 4,45% (Parcela 5). Estes teores são elevados quando comparados a grande parte das terras da região de estudo ou do Estado de Mato Grosso. O elevado teor de matéria orgânica nesta área pode estar associado à grande massa de serrapilheira depositada pela Teca (espécie caducifólia) nesta idade do povoamento.

A alta saturação de bases está associada ao maior fornecimento de quase todos os macro e micronutrientes, com exceção do zinco. Segundo Mato Grosso (2001) a saturação por bases deve ser no mínimo, superior a 35% para a Teca. E segundo Favare et al. (2012) o maior desenvolvimento da Teca ocorre na faixa de 60-80% de saturação por bases. Todas as parcelas tinham saturação por bases entre 60% e 80%, indicando níveis adequados para o desenvolvimento da Teca.

Conclui-se que as parcelas estudadas estavam contidas em condições edáficas recomendadas para reflorestamentos de Teca, com exceção do Cálcio (Ca) e do magnésio (Mg) que estavam abaixo do nível crítico. Estes níveis críticos são geralmente utilizados para correção e adubação do solo em fases de implantação ou fase jovem dos povoamentos. Além disso a análise de solo é apenas um indicativo da fertilidade e da disponibilidade de nutrientes para as plantas. A análise foliar seria a melhor maneira de verificar qualquer déficit nutricional ou influência dos nutrientes sobre o crescimento do povoamento florestal.

## 4.7 PRODUTIVIDADE

### 4.7.1 Análise inicial

Antes de se efetuar a análise da modelagem da produção, pode se verificar (Tabela 15) os valores de correlação linear existentes entre a produtividade das parcelas permanentes e as variáveis globais utilizadas para a modelagem da produção.

**TABELA 15** - VALORES DE CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE DAS PARCELAS PERMANENTES E SUAS VARIÁVEIS GLOBAIS.

	Idade	dg	n/ha	Hdom (S)	G (m <sup>2</sup> /ha)
	<b>23-33</b>	0,921	0,324	0,733	0,998
	<b>23</b>	-0,302	0,677	0,397	0,965
	<b>26</b>	0,701	0,799	0,627	0,997
<b>Idade (anos) vs. Produtividade (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>28</b>	0,595	0,677	0,362	0,995
	<b>30</b>	0,737	0,660	0,054	0,997
	<b>31</b>	0,760	0,633	-0,163	0,997
	<b>33</b>	0,765	0,669	-0,418	0,998

Onde: dg= diâmetro de área basal média; n/há= número de árvores por hectare; Hdom= altura dominante; G= área basal média por hectare.

Percebe-se que a produtividade volumétrica (m<sup>3</sup>/ha) está fortemente correlacionada (0,99) com a variável área basal (G) para todos os anos. A área basal (G) é uma expressão conjunta do “diâmetro da árvore de área basal média” (dg) e do “número de indivíduos por hectare” (n ha<sup>-1</sup>).

A variável “diâmetro da árvore de área basal média” (dg) possui uma correlação alta (0,92) com a produtividade em todos os anos, e uma correlação mediana (0,65) quando se analisa para o conjunto de anos.

A variável “número de indivíduos por hectare” (n/ha) possui uma correlação mediana (0,70) com a produtividade em todos os anos, no entanto baixa (0,32) quando se analisa para o conjunto de anos (já que a mortalidade foi quase inexistente no período).

A variável altura dominante possui uma correlação mediana (0,73) com a produtividade quando se considera todo o conjunto de anos, no entanto baixa (0,3) quando analisamos ano a ano.

Em suma, percebe-se que a correlação existente entre a altura dominante e a produtividade, nas parcelas, é explicada pelo crescimento paralelo entre a altura dominante e o volume dos indivíduos ao longo dos anos.

No entanto todas as parcelas se enquadram na mesma classe de sítio (classe II), e a altura dominante pouco explica a variação da produtividade para uma mesma idade. E, por outro lado, a variável área basal, que está em função do “diâmetro da árvore de área basal média” (dg) e da variável “número de indivíduos por hectare” (n/ha), está fortemente correlacionada com a variação da produtividade numa mesma idade e classe de sítio.

Pode se observar, na Tabela 16, os valores de produtividade das seis parcelas permanentes, aos 33 anos de idade.

**TABELA 16 - PRODUTIVIDADE REAL DAS PARCELAS AOS 33 ANOS DE IDADE**

Idade	Parcela	V (m <sup>3</sup> /ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	n/ha	Hdom (m)	Hc (m)
33	1	225,59	22,47	140	24,90	15,00
33	2	272,12	27,27	190	25,93	14,50
33	3	209,95	21,24	170	25,45	14,00
33	4	214,21	21,64	190	25,43	15,00
33	5	343,51	34,00	190	24,65	15,00
33	6	208,30	20,84	140	25,27	15,00

Onde: V= volume por hectare; G= área basal por hectare; n/ha= número de árvores por hectare; Hdom= altura dominante; Hc= altura comercial.

Nota-se a grande importância da estrutura diamétrica e da densidade do povoamento, representados pela área basal (G), sobre a produtividade nas parcelas.

A diferença de produtividade da parcela cinco (343,51 m<sup>3</sup>/ha) para a parcela seis (208,30 m<sup>3</sup>/ha) foi de 135,21 m<sup>3</sup>/ha. Essa diferença é muito alta para sítios de “mesma produtividade” (Classe II), e por isso se deve estar atento ao uso exclusivo da altura dominante do povoamento como índice de produtividade de sítios florestais em povoamentos de Teca.

#### 4.7.2 Modelagem da produção

Na Tabela 17, observam-se os coeficientes e estatísticas dos modelos de produção em área basal (G) e volume (V).

**TABELA 17 - COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS DOS MODELOS DE PRODUÇÃO, EM ÁREA BASAL E EM VOLUME, AJUSTADOS PARA UM POVOAMENTO DE *TECTONA GRANDIS*.**

Nº	T	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	S <sub>yx</sub> %	F <sub>c</sub>
1	G	-	-	1,6695*	-1,2725*	-	-	0,66	19,76	987,62
2	G	-	-	-0,2563 <sup>ns</sup>	0,1163 <sup>ns</sup>	0,0106 <sup>ns</sup>	-	0,68	19,24	71,11
3	V	-	-	1,5385 <sup>ns</sup>	24,5900 <sup>ns</sup>	-10,6906 <sup>ns</sup>	1,0324*	0,99	0,71	29770,78
4	V	-	-	2,0609*	1,0749*	-	-	0,99	1,15	11658,09
5	V	-	-	2,1734*	4,2069*	-5,1737*	1,0371*	0,99	0,62	346719,59
6	V	-	-	2,9296*	-7,0373 <sup>ns</sup>	-0,0208 <sup>ns</sup>	1,0324*	0,99	0,71	29769,65
7	G2	-10,3588*	0,6534*	-	-	-	-	0,99	7,06	390,54
	V2	-	-	2,2037*	-2,5405 <sup>ns</sup>	0,0024 <sup>ns</sup>	1,0356*	0,99	6,35	63932,33
8	V2	-	-	2,1035*	1,0608*	-	-	0,99	8,76	33868,22
9	G2	-	-	-233,9675*	7,7921*	1292,4057*	0,0739*	0,96	5,93	791,0296
	V2	-	-	9,0400 <sup>ns</sup>	0,3903*	-	-	0,99	18,94	72709,12
10	V2	-	-	-	0,4072*	-	-	0,99	13,51	14137,38

Sendo: T= Tipo de variável dependentes (G= área basal atual, V=Volume atual, G2= área basal futura, V2= Volume futuro);  $\alpha_i, \beta_i$ = Coeficientes de regressão; R<sup>2</sup><sub>aj.</sub>= Coeficiente de determinação ajustado; S<sub>yx</sub>%= Erro padrão das estimativas; F<sub>c</sub>= Valor de F calculado; <sup>ns</sup>= Coeficiente não significativo pelo teste t (0,05).

A estimativa da área basal presente (G) em função do sítio e da idade, do povoamento, foi pouco precisa, para ambos os modelos (1 e 2). Os

baixos valores do coeficiente de determinação ajustado (0,67) somados ao alto erro padrão das estimativas (19,50%) indicam que a utilização das mesmas em inventários incorre em erros nas estimativas.

O volume total presente (V/ha) do povoamento é estimado de maneira eficaz pelos modelos de produção que se baseiam nas variáveis “idade” (Id), “área basal do povoamento” (G) e “índice de sítio” (S) ou “altura dominante” (Hdom); os altos valores médios do coeficiente de determinação ajustado (0,99) somados ao baixo erro padrão das estimativas (0,67%) indicam a utilização das mesmas em inventários para determinação da produtividade dos plantios.

Os modelos de Clutter e de Buckman, que estimam a área basal futura e o volume futuro, serviram para obter bons resultados nas estimativas, com destaque para as estimativas do modelo de Clutter, com um alto valor do coeficiente de determinação ajustado (0,99) e um baixo erro padrão das estimativas (7,06%). Contudo, deve-se lembrar que a estimativa de área basal futura e volumes futuros incorrem em erros acumulativos ao longo dos anos, e por isso devem ser utilizados com bastante cuidado; pois, quanto mais distante no tempo a estimativa, maior será o erro.

Em suma, para a produção presente foram selecionados os modelos de Beck & Dellabianca (Modelo 5) para volume ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) e o Modelo 2 para área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ). E para a produção futura foi selecionado o modelo de Clutter (Modelo 7).

A partir dos modelos de produção presente em área basal e volume foi possível estimar a produção por classes de sítio (Tabela 18).

**TABELA 18** - PRODUÇÃO EM ÁREA BASAL E VOLUME PARA TRÊS CLASSES DE SÍTIO DE *Tectona grandis* COM UMA DENSIDADE MÉDIA DE 167 INDIVÍDUOS.HA<sup>-1</sup>.

Id	CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III		
	G (m <sup>2</sup> /ha)	S (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	S (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	S (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
23	13,42	25,01	128,03	9,85	22,23	91,83	6,28	19,45	56,63
24	14,81	25,29	142,32	11,20	22,48	105,42	7,59	19,67	69,41
25	16,21	25,56	156,85	12,56	22,72	119,26	8,92	19,88	82,50
26	17,62	25,82	171,58	13,94	22,95	133,35	10,26	20,08	95,88
27	19,04	26,07	186,51	15,33	23,17	147,66	11,61	20,28	109,53
28	20,48	26,31	201,61	16,72	23,39	162,18	12,97	20,46	123,41
29	21,92	26,54	216,89	18,13	23,59	176,90	14,34	20,64	137,52
30	23,36	26,76	232,33	19,55	23,79	191,79	15,73	20,81	151,84
31	24,82	26,98	247,92	20,97	23,98	206,86	17,12	20,98	166,35
32	26,28	27,18	263,66	22,40	24,16	222,08	18,52	21,14	181,05
33	27,75	27,39	279,52	23,84	24,34	237,46	19,94	21,30	195,91

Sendo: Id= Idade; G = área basal por hectare; S = índice de sítio; V = volume por hectare.

Pode-se agora conhecer a produção média dos povoamentos de Teca na fase final de rotação para diferentes classes de sítio.

Os volumes remanescentes encontrados corroboram com o volume descrito pela empresa no *Scientific Certification Systems* (2009), no processo de certificação acreditado pelo FSC (Forest Stewardship Council). Em que a previsão de madeira na colheita era de 235 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, sendo 150 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de madeira serrada e 85 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de lenha .

Em Trinidad, sob um sistema silvicultural semelhante (mesma origem seminal, espaçamento reduzido e execução de seis desbastes) o volume de madeira na colheita, aos 30 anos, era de 126,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (STREETS, 1962). Isto indica a superioridade da produção de madeira de Teca na região deste estudo.

Também se pode conhecer o crescimento e a produção das árvores remanescentes, após o 6° desbaste (23 aos 33 anos de idade), dos povoamentos de Teca para as diferentes classes de produtividade (Tabela 19).

Nota-se que as árvores remanescentes possuíram incrementos volumétricos levemente crescentes no período, justificando a manutenção dos mesmos no período analisado. Além disso, o proprietário dos povoamentos afirma que a manutenção deste remanescente (dos 23 aos 33 anos) cresce

volume de cerne ao fuste das árvores, o que agrega valor financeiro à madeira. Contudo, este aspecto carece de estudo e comprovação.

**TABELA 19** - CRESCIMENTO CORRENTE ANUAL (ICA) E MÉDIO ANUAL (IMA) EM VOLUME, POR HECTARE, PARA TRÊS CLASSES DE SÍTIO NUM POVOAMENTO DE *Tectona grandis* COM DENSIDADE MÉDIA DE 167 INDIVÍDUOS.HA<sup>-1</sup>.

Id	CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III		
	V (m <sup>3</sup> /ha)	ICA	IMA	V (m <sup>3</sup> /ha)	ICA	IMA	V (m <sup>3</sup> /ha)	ICA	IMA
23	128,03		5,57	91,83		3,99	56,63		2,46
24	142,32	14,30	5,93	105,42	13,58	4,39	69,41	12,77	2,89
25	156,85	14,52	6,27	119,26	13,85	4,77	82,50	13,09	3,30
26	171,58	14,73	6,60	133,35	14,09	5,13	95,88	13,38	3,69
27	186,51	14,93	6,91	147,66	14,31	5,47	109,53	13,64	4,06
28	201,61	15,11	7,20	162,18	14,52	5,79	123,41	13,89	4,41
29	216,89	15,28	7,48	176,90	14,71	6,10	137,52	14,11	4,74
30	232,33	15,44	7,74	191,79	14,89	6,39	151,84	14,32	5,06
31	247,92	15,59	8,00	206,86	15,07	6,67	166,35	14,51	5,37
32	263,66	15,73	8,24	222,08	15,23	6,94	181,05	14,69	5,66
33	279,52	15,87	8,47	237,46	15,38	7,20	195,91	14,86	5,94

Em que: Id = Idade; V= volume; ICA = incremento corrente anual e IMA = incremento médio anual.

A redução da densidade inicial associada a melhores estratégias de manejo da espécie poderão favorecer a produtividade dos sítios analisados.

#### 4.8 OUTRAS INFORMAÇÕES RELEVANTES

Embora não quantificado, foi possível verificar na colheita aos 33 anos a existência de cupins e partes ocas nos primeiros metros do fuste de algumas árvores. Este é um problema sério, já que a primeira tora (0,15 m a 7,4 m) corresponde ao produto de maior valor agregado da madeira.

As mudas utilizadas neste povoamento foram do tipo “toco” (stump) que é uma das técnicas para produção de mudas de raiz nua. Embora não comprovado, suspeita-se que essa técnica pode facilitar a entrada de micro-organismos xilófagos, em razão do ferimento produzido na preparação deste tipo de muda e que pode ser o local de entrada para micro-organismos, ocasionando esses “ocos” nas toras.

## 5 CONCLUSÕES

As técnicas de análise de tronco empregadas são eficientes para descrever o crescimento de *Tectona grandis* L.f. até a idade de colheita florestal ou de rotação.

Os modelos de Meyer e Näslund são adequados para descrever, respectivamente, o volume e a relação hipsométrica dos povoamentos de Teca. As equações que representam a área de estudo são:  $V = -0,0002 + 0,0002 \cdot (DAP^2) + 0,00003 \cdot (DAP \cdot H)$  e  $H = (DAP^2/3,7532 + 0,2416 \cdot DAP + 0,0329 \cdot DAP^2) + 1,3$ .

O modelo de Hoerl é eficiente para descrever tanto o crescimento em diâmetro à altura do peito (DAP) como o crescimento em altura dominante (Hdom). Para os povoamentos analisados as equações que representam este modelo são:  $\ln(DAP) = 1,8321 - 1,0517 \cdot (1/t) + 0,5383 \cdot \ln(t)$ ,  $\ln(Hdom) = 2,6434 - 1,9077 \cdot (1/t) + 0,1811 \cdot \ln(t)$

O modelo de Chapman-Richards é eficiente para descrever o crescimento volumétrico das árvores de Teca, sendo representado para o presente caso pela seguinte equação:  $V = 101,00 \cdot (1 - \exp(-0,0030 \cdot t))^{1,7502}$ .

O modelo  $\ln(G) = \beta_0 + \beta_1 \cdot Id + \beta_2 \cdot S + \beta_3 \cdot (Id \cdot S)$  foi eficiente para descrever a área basal presente (G1), sendo representado neste povoamento pela seguinte equação:  $G = 2,1734 + 0,1163 \cdot Id + 0,0106 \cdot S$ .

O modelo de Beck & Dellabianca é eficiente para descrever a produção presente, sendo representado neste povoamento pela seguinte equação:  $\ln(V) = 2,1734 + 4,2669 \cdot \frac{1}{Hd} \pm 5,1737 \cdot \frac{1}{Id} + 1,0371 \cdot \ln(G)$ .

O modelo de Clutter é eficiente para descrever a produção futura, sendo representado neste povoamento pela seguinte equação:  $\ln(G2) = \ln(G1) \cdot \frac{I1}{I2} - 103588 \cdot \left(1 - \frac{I1}{I2}\right) + 0,6534 \cdot \left(1 - \frac{I1}{I2}\right) \cdot S1$  e  $\ln(V2) = 2,2037 \pm 2,5405 \cdot \left(\frac{1}{I2}\right) + 0,0024 \cdot S1 + 1,0356 \cdot \ln(G2)$ .

A altura dominante (Hdom) não é um índice de produtividade de grande precisão para as parcelas estudadas.

A construção de classes de sítio através de curvas monomórficas é eficiente. O povoamento analisado é classificado na classe de produtividade II.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Deve ser avaliada, em outros trabalhos, a diferença de precisão entre as novas metodologias de análise de tronco.

Recomenda-se para estudos futuros a mensuração da produção de madeira ao longo de todos os desbastes, inclusive do volume da colheita final.

Também devem ser estudados a forma e os sortimentos dos fustes ao longo de todos os anos desbastados e da colheita florestal, para se obter volumes precisos dos multiprodutos da madeira de Teca.

É importante realizar-se estudos de viabilidade econômica para a receita obtida em todo o ciclo produtivo da Teca.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF:** ano base 2011. Brasília, DF: ABRAF, 2012. 145 p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em 12 Jan. 2012

ARIAS, D. Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. **Kurú**, Cartago, v.1, n. 2, p.1-11, set. 2004.

ASSMANN, E. The principles of forest yield study. New York: **Pergamon Press**, 1961. 506 p.

BARUSSO, A. P. **A determinação de funções de crescimento mediante análise de tronco.** 1977. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

BERMEJO, I.; CAÑELLAS, I.; SAN MIGUEL, A. Growth and Yield models for teak plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v.189, p. 97-110, 2004.

BEZERRA, A. F. et al. Análise da viabilidade econômica de povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbastes no Mato Grosso. **Cerne**, Lavras, v.17, n.4, p. 583-592, out./dez. 2011.

BEZERRA, A. F. **Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbaste.** 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

CÁCERES FLORESTAL. **Manual do reflorestamento da Teca.** Cáceres, MT: Cáceres Florestal, 2006. 16 p. (Versão Eletrônica). Disponível em:<<http://www.caceresflorestal.com.br/>>. Acesso em: 12 Jan. 2012.

CALDEIRA, S. F.; CALDEIRA, S. A. F.; MENDONÇA, E. A. F. de; DINIZ, N. N. Caracterização e avaliação da qualidade dos frutos de Teca (*Tectona grandis* L.f.) produzidos no Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 216-224, 2000.

CALDEIRA, S. F.; OLIVEIRA, D. L. C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 2, p. 223-228, 2008.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal:** perguntas e respostas. 3.ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 548 p.

CAMPOS, J. C. C.; RIBEIRO, J. C. A análise de tronco como fonte de dados para estudos de crescimento florestal. **Rev. Árvore**, v. 11, n. 1, p. 66-77, 1987.

CARDOSO, N. S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com atividade cambial de árvores de Teca (*Tectona grandis* L.f.) – Verbenaceae.** 1991. 117p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-USP/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba - SP.

CARVALHO, M. dos S. **Manual de reflorestamento.** Belém, PA: Sagrada Família, 2006. 115p.

CENTENO, J. C. El manejo de las plantaciones de Teca. **Actualidad Forestal Tropical**, v. 5, n. 2, p. 10-12, 1997.

CHAVES, E.; FONSECA, W. **Teca (*Tectona grandis* L.f.) árbol de uso múltiple em América Central.** Turrialba: CATIE, 1991. 47 p. (Série técnica: Informe técnico, 179).

COSTA, R. B. da; RESENDE, M. D. V. de; MORAES e SILVA, V. S. Experimentação e seleção no melhoramento genético da Teca (*Tectona grandis* L.f.). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.14, p.76-92, 2007.

COSTA, R. B.; RESENDE, M.D.V. de. **Melhoramento de espécies alternativas para o Centro-Oeste – Teca**, In: WORKSHOP SOBRE MELHORAMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS E PALMÁCEAS NO BRASIL, 2001, Colombo. [Anais] Colombo: Embrapa Florestas, 2001. p. 163-167. (Embrapa Florestas, Documentos, 62).

COUTO, H. T. Z. do. **Sistemas integrados de levantamentos florestais.** In: SIMPÓSIO SOBRE INVENTÁRIO FLORESTAL, 2, Piracicaba, 1984. Anais. Piracicaba, IPEF, 1984. p.121-7.

CRUZ, J. P.; **Crescimento e produção de *Tectona grandis* na região de Tangará da Serra – Mato Grosso.** 2005. 51f. (Dissertação de Mestrado). Universidade federal de Viçosa, Viçosa - MG.

CRUZ, J. P.; LEITE, H. G.; SOARES, C. B.; CAMPOS, J. C. C.; SMIT, L.; NOGUEIRA, G. S. Curvas de crescimento e de índice de local para povoamentos de *Tectona grandis* em Tangará da Serra, Mato Grosso. **Árvore**, Viçosa, v.32, n. 4, p. 669 - 676, 2008.

CUSTODE, J. Mercados de madeira. 2003. Disponível em: <<http://www.bosquetropicales.com/html/Espanol/mercados.html>> Acesso em: 12/12/2005.

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

DRESCHER, R; SCHEEREN, L. W.; MEDEIROS, J. G. S.; BERTAZO, J. **Modelos de Relação Hipsométricas para *Tectona grandis* L.f. no Estado**

**do Mato Grosso.** In: 1º Simpósio brasileiro de pós-graduação em Engenharia Florestal, 2001, Santa Maria. Anais do 1º simpósio brasileiro de pós-graduação em Engenharia Florestal. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001. v. 1, p. 44-61.

DUPUY, B.; MAÎTRE, H.; KANGA, A. N. Table de production du teck (*Tectona grandis*): L'exemple de la Côte d'Ivoire. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 3, n. 261, p. 5-16, 1999.

DUPUY, B.; VERHAEGEN, D. Le teck de plantation (*Tectona grandis*) em Côte d'Ivoire. **Bois et Forêts des Tropiques**, n. 235, p. 9-24, 1993.

ESPÍRITO SANTO, C. V. **Diagnóstico e avaliação do setor florestal brasileiro região Centro-Oeste:** Anuário executivo. Brasília: FUNATURA; ITTO; IBAMA, 1995. 59p.

FAO. Intensive multiple use forest management in the tropics. **FAO Forestry Paper**. Nº 55. Rome, 1985. 38p.

FAVARE, L. G.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Níveis crescentes de saturação de bases e desenvolvimento inicial de Teca em um latossolo de textura média. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 693-702, out.-dez., 2012.

FIGUEIREDO, E. O. **Avaliação de povoamentos de Teca (*Tectona grandis* L.f.) na microrregião do Baixo Rio Acre.** 301 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, 2005.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, L. C. de; BARBOSA, L. K. F. **Teca (*Tectona grandis* L. f.):** principais perguntas do futuro empreendedor florestal. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. 87 p. (Embrapa Acre. Documentos, 97).

FUNCIA, C. A. F. **Resumo do Plano de Manejo Florestal Sustentável da Cáceres Florestal.** 2005. 11 p. Disponível em: [farm-check.com/nrc/certificates/forest\\_caceres\\_port.pdf](http://farm-check.com/nrc/certificates/forest_caceres_port.pdf). Acesso em 12 Jan. 2012.

GALLOWAY, G.; UGALDE, L.; VÁSQUEZ, W. **Management of tropical plantations unde stress.** In: IUFRO WORLD CONGRESS, 10., 1995, Tempere. Congress Report, v. 2, 1995, Tempere, Finland. 1995. p. 351- 352

GARCIA, M. L. **Intensidade de desbaste em um povoamento de *Tectona grandis* L.f., no município de Sinop – MT.** 2006. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT.

GONZÁLEZ, S. A. S. **Relación del suelo con el crecimiento inicial y contenido foliar de Teca (*Tectona grandis*), y adaptación de leguminosas para control de arvenses bajo un sistema fertirriego em Campeche, México.** 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Ecológica) – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba – Costa Rica.

HIGUCHI, N. **Informações básicas para o manejo florestal da *Tectona grandis* L. introduzida no Alto Jaurú.** Cuiabá: UFMT/DEF, 1979, 92p. (mimeografado).

IMANÃ ENCINAS, J.; SILVA, G. F. da; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores.** Comunicações técnicas florestais, Brasília, UFB, Departamento de Engenharia Florestal, v.7, n.1, 2005. ISSN 1517-1922. 43p.

KAOSA-ARD, A. **Overview of problems in teak plantation establishment.** In: REGIONAL SEMINAR ON TEAK, 2., 1998, Yangon. Proceeding... Bangkok: FAO, 1998, p. 49-59.

KARUIKI, M. Height estimation in complete stem analysis using annual radial growth measurements. **Forestry**, Vol. 75, N°1, 12 p. 2002.

KEOGH, R. M Teak 2000: **A consortium Support Model for greatly increasing the contribution of tropical hardwood plantations to sustainable development.** Amsterdam: IIED-Edited Draft, 1995. 27 p. (Forestry and Land Use Series, n.8)

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos:** ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges., 1990. 343 p.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria.** 2a ed. Guarapuava, Paraná: Editora Unicentro, 2006, 316 p.

MALDONADO, G.; LOUPPE, D. Desafios para la Teca em Cote d'Ivoire. **Unasyva**, Roma, v. 51, n. 201, p. 36-44, 2000.

MATO GROSSO. **Diretrizes técnicas para a implantação do reflorestamento no estado de Mato Grosso com a cultura da Teca - *Tectona grandis* L.f.** Cuiabá: Secretaria de Agricultura e Assuntos Fundiários, 2001. 14p.

MATRICARDI, W. A. T. **Efeitos dos fatores de solo sobre o desenvolvimento da Teca (*Tectona grandis* L.f.) cultivada na grande Cáceres – Mato Grosso.** 1989. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP.

MAYER, H. A. A correction for systematic erros occuring in the application of the logarithmic volume equation. Pennsylvania: **For. School Res.**, Paper 7, 1941.

MENON, F. V. et. al. Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal, 5, 2011. Santa Maria. Crescimento de *Tectona grandis* l. f. a partir de análise de tronco. **Anais...** Santa Maria: UFSM. 2011.

MOLLINEDO GARCIA, M. S. **Relación suelo-planta, factores de sitio y respuesta a la fertilización, en plantaciones jóvenes de Teca (*Tectona grandis* L. f.), en la zona Oeste, Cuenca del canal de Panamá.** 2003. 101 f.

Dissertação (Mestrado em Agroforesteria Tropical) – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba – Costa Rica.

MONTERO, M. M.; UGALDE, L.; KANNINEN, M. Relación del índice de sitio con los factores que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L. F. y *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand, en Costa Rica. **Revista Forestal Centroamericana**, n. 35, p. 13-18, 2001.

MORET, A.Y.; JEREZ, M. & MOURA, A. 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. Merida-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 42(1). 1998. p.41-50.

NANANG, D. M.; NUNIFU, T. K. Selecting a functional form for anamorphic site index curve estimation. **Forest Ecology and Management**, v. 118, p. 211-221, 1999.

NOGUEIRA, G. S. **Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Eucalyptus* sp. e de *Tectona grandis* submetidos a desbaste**. 2003. 145p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade de Viçosa, Viçosa – MG.

NOOR, H. Growth of teak (*Tectona grandis*) on lateritic soil at Mata Aver forest reserve, Perlis. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 15, n. 1 p. 190-198, 2003.

NOVAES, D. M. **Modelagem de crescimento e produção de povoamentos de *Tectona grandis* L.f. a partir de análise de tronco**. 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. **Unasylva**, v. 51, n. 201, p. 3-13, 2000..

PELISSARI, A. L.; CALDEIRA, S. F.; SANTOS, V. S.; SANTOS, J. O. P. Correlação espacial dos atributos químicos do solo com o desenvolvimento da Teca em Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira (Online)**, v. 32, p. 247-256, 2012.

PELISSARI, A. L. **Silvicultura de precisão aplicada ao desenvolvimento de *Tectona grandis* L.f. na região Sul do estado de Mato Grosso**. 2012. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT.

PERES FILHO, O.; DORVAL, A.; BERTI FILHO, E. **A entomofauna associada à Teca, *Tectona grandis* L.f (Verbenaceae), no Estado de Mato Grosso**. Piracicaba, SP: IPEF, 2006. 58 p.

PERES, D.; KAMMINEN, M.; Stand growth scenarios for *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 210, p. 425-441, 2005.

PÉREZ CORDERO, L. D.; UGALDE ARIAS, L.; KANNINEN, M. Desarrollo de escenarios de crecimiento para plantaciones de Teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. **Revista Forestal Centro Americana**, Turrialba, n. 31, jul./set. 2000. (Comunicación Técnica).

PIENAAR, L. V.; TURNBULL, K. J. The Chapman-Richards generalization of Von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands. **Forest Science**, v. 19, n.1, p. 2-22, 1973.

PRODAN, M. et al. Mensura florestal. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997. 586p.

REIS, C. A. F.; PALUDZYSZYN FILHO, E. **Estado da arte de plantios com espécies florestais com interesse para o Mato Grosso**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. (Embrapa Floresta. Documentos, 215).

**Revista da Madeira**. Curitiba: ABPM, v.19, n.118, fev. 2009. 98 p.

ROSSI, A. S.; DRESCHER, R.; PELISSARI, A. L.; LANSSANOVA, L. R. Relação hipsométrica e crescimento de *Tectona grandis* L.f. no município de Monte Dourado PA. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, p. 301-307, 2011.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. 2. Ed. – Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. 2 ed. rev. e ampl. - Santa Maria: FACOS, 2009. 294 p.

SCIENTIFIC CERTIFICATION SYSTEMS (SCS). **Avaliação do manejo das plantações florestais e da cadeia de custódia desde a floresta até a saída do produto do processo de certificação da Cáceres Florestal s/a: estado do Mato Grosso – Brasil**. Atualizado. Emeryville, USA. 2009. Disponível em: <[http://farm-check.com/nrc/certificates/forest\\_caceres\\_port.pdf](http://farm-check.com/nrc/certificates/forest_caceres_port.pdf)>. Acesso em: Janeiro 2013.

SCOLFORO, J. R. **Mensuração florestal 4: avaliação da produtividade florestal através da classificação de sítio**. Lavras: ESAL, 1993. 138 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 441p.

SELLE, G. L. **Influência dos fatores ambientais na classificação de sítio para *Pinus taeda* L, na região de Cambará do Sul, RS, Brasil**. 1993. 85p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS.

SELLE, G. L.; PAULESKI, D. T.; BRAZ, E. M. **Como classificar sítios florestais através da altura dominante do povoamento**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

SHIMIZU, J. Y.; KLEIN, H.; OLIVEIRA, J. R. V. **Diagnóstico das plantações florestais em Mato Grosso**. Cuiabá: Central de Texto, 2007. 63 p.

SILVA, F. R. **Crescimento e produção de *Tectona grandis* L.f. em um plantio no município de Alta Floresta-MT**. 2012. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: Ronald Press, 1952. 476 p.

STREETS, R. J. **Exotic Forest trees in the British Commonwealth**. Oxford. 1962.

SUZUKI, R.; TAKEDA, S.; THEIN, H. M. Chronosequence changes in soil properties of teak (*Tectona grandis*) plantations in the Bago Mountains, Myanmar. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 19, n. 4, p. 207–217, 2007.

TONINI, H.; COSTA, M. C. G. C.; SCHWENGBER, L. A. M. Crescimento da Teca (*Tectona grandis*) em reflorestamento na Amazônia Setentrional. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 59, p. 05-14, 2009.

VÁSQUEZ, W. C.; UGALDE, L. A. A. **Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica**. Turrialba: CATIE, 1995. 40 p. (Serie técnica: Informe técnico, n. 256).

VEIT, L. F. Plante seu fundo de aposentadoria. **Silvicultura**, São Paulo: nº68, p. 20-22.,1996.

WADSWORTH, F. H. **Forest production for tropical América**. Washington, D.C.: USDA Forest Service, 1997. 561 p. (Agriculture Handbook, 710).

WEAVER, P. L. ***Tectona grandis* L.f. Teak**. New Orleans, LA: US. Departamento f Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experimentation Station, 1993. 18p.