

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE *TECTONA GRANDIS*  
LINN F., EM POVOAMENTOS JOVENS DE DUAS  
REGIÕES DO ESTADO DE MATO GROSSO - BRASIL**

**TESE DE DOUTORADO**

**Ronaldo Drescher**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE *TECTONA GRANDIS*  
LINN F., EM POVOAMENTOS JOVENS DE DUAS  
REGIÕES DO ESTADO DE MATO GROSSO - BRASIL**

---

por

**Ronaldo Drescher**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em  
Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Florestal.**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE *TECTONA GRANDIS* LINN F., EM  
POVOAMENTOS JOVENS DE DUAS REGIÕES DO ESTADO DE MATO  
GROSSO - BRASIL**

elaborada por  
**Ronaldo Drescher**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Florestal**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**César Augusto Guimarães Finger, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**Paulo Renato Schneider, Dr. (UFSM)**

---

**Luciano Farinha Watzlawick, Dr. (UNICENTRO-PR)**

---

**Frederico Dimas Fleig, Dr. (UDESC-SC)**

---

**Juarez Martins Hoppe, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 29 de janeiro de 2004

Ao Grande Arquiteto do Universo  
que, em sua prancheta, traça as  
nobres linhas de luz que nós, por  
ignorância, não conseguimos ler.

Para Jayme Cabalheiro Alves (*In Memoriam*), um verdadeiro Mestre;  
e para Solange Wollenhaupt, minha  
eterna companheira.

## **AGRADECIMENTOS**

A todos aqueles que acreditaram na idéia e, através do desprendimento, colaboraram, de uma forma ou de outra, para a elaboração deste trabalho, meu muito obrigado, desejando que algum dia eu também possa retribuir a ajuda recebida, na forma de colaboração para com outros sonhadores e sofredores.

Tudo em prol de um sonho!

Muito Obrigado!

# SUMÁRIO

FOLHA DE ROSTO .....	ii
FOLHA DE APROVAÇÃO.....	iii
EPÍGRAFE.....	iv
DEDICATÓRIA .....	v
AGRADECIMENTOS.....	vi
SUMÁRIO .....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Caracterização do Estado de Mato Grosso e do setor florestal .....	4
2.2 Breve histórico da teca.....	7
2.3 Distribuição geográfica e descrição botânica da teca.....	9
2.4 Aspectos que influenciam o desenvolvimento da teca.....	12
2.5 Utilização e Importância econômica .....	13
2.6 Crescimento .....	15
2.7 Volume .....	17
2.8 Relação hipsométrica .....	20
2.9 Análise de tronco .....	22
2.10 Classificação dos sítios .....	24
2.11 Fator de forma.....	26
2.12 Principais sistemas de manejo e produções.....	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1 Localização e caracterização dos povoamentos de teca.....	36
3.2 Tipologia florestal da região .....	38
3.3 Condições climáticas da região.....	39
3.4 Característica geológica e geomorfológica da região.....	40
3.5 Característica do solo.....	41

<b>3.6</b>	<b>Obtenção dos dados.....</b>	<b>42</b>
3.6.1	Método de amostragem.....	42
3.6.2	Obtenção das árvores de altura dominante.....	43
<b>3.7</b>	<b>Relação hipsométrica.....</b>	<b>43</b>
<b>3.8</b>	<b>Análise de tronco.....</b>	<b>44</b>
<b>3.9</b>	<b>Sítio.....</b>	<b>45</b>
<b>3.10</b>	<b>Determinação do volume das árvores.....</b>	<b>47</b>
<b>3.11</b>	<b>Estudo de funções de volume.....</b>	<b>48</b>
<b>3.12</b>	<b>Estudo do fator de forma.....</b>	<b>49</b>
<b>3.13</b>	<b>Confecção das tabelas de produção.....</b>	<b>51</b>
<b>3.14</b>	<b>Altura média (<math>h_m</math>).....</b>	<b>51</b>
<b>3.15</b>	<b>Diâmetro da árvore de área basal média (<math>d_g</math>).....</b>	<b>53</b>
<b>3.16</b>	<b>Número de árvores por hectare (N/ha).....</b>	<b>54</b>
<b>3.17</b>	<b>Área basal por hectare (G/ha).....</b>	<b>54</b>
<b>3.18</b>	<b>Volume por hectare (V/ha).....</b>	<b>55</b>
<b>3.19</b>	<b>Processamento dos dados.....</b>	<b>55</b>
<b>3.20</b>	<b>Parâmetros de seleção do melhor modelo.....</b>	<b>56</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>
4.1	Relação hipsométrica.....	57
4.2	Volume para <i>Tectona grandis</i> Linn F.....	60
4.3	Fator de Forma.....	65
4.4	Análise de tronco.....	70
4.5	Classificação de Sítio.....	72
4.6	Estimativa da altura média.....	77
4.7	Estimativa do diâmetro da árvore de área basal média.....	80
4.8	Estimativa do número de árvores por hectare.....	83
4.9	Estimativa da área basal por hectare.....	86
4.10	Estimativa do volume por hectare.....	88
4.11	Tabelas de Produção para <i>Tectona grandis</i> Linn F.....	88
4.12	Análise comparativa de produção para <i>Tectona grandis</i> Linn F.....	93
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>96</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>98</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>99</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>109</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Modelos de volume para teca. para florestas naturais na Índia. ....	19
TABELA 2 - Modelos de relação hipsométrica testados para teca MT.....	22
TABELA 3 – Crescimento de <i>Tectona grandis</i> Linn F. na Malásia.....	30
TABELA 4 – Alguns regimes de desbastes utilizados em Teca.....	31
TABELA 5 – Comparação de parâmetros de crescimento Java, Índia e Birmânia. ....	33
TABELA 6 – Desenvolvimento de <i>Tectona grandis</i> Linn F. com diferentes idades e densidades em Cáceres-MT. ....	35
TABELA 7 – Relação de modelos hipsométricos.....	44
TABELA 8 – Modelos de volume local e geral .....	49
TABELA 9 – Modelos de fator de forma ajustados .....	50
TABELA 10 – Modelos de altura média .....	52
TABELA 11 – Modelos de diâmetro de área basal média .....	53
TABELA 12 – Modelos para estimar o número de árvores por hectare. ....	54
TABELA 13 - Modelos, coeficientes e estatísticas de relações hipsométricas .	57
TABELA 14 – Modelos de equações volumétricas e seus respectivos parâmetros estatísticos.....	61
TABELA 15 – Tabela de volume total com casca para <i>Tectona grandis</i> L. F. para o Estado de Mato Grosso .....	64
TABELA 16 – Coeficientes e estatísticas dos modelos de fator de forma artificial ajustados.....	66
TABELA 17 – Coeficientes e estatísticas para os modelos de $d_{0,1}$ .....	68
TABELA 18 - Coeficientes e estatísticas para os modelos de $d_{0,5}$ ajustados ....	69
TABELA 19 – Tabela de fator de forma artificial para <i>Tectona grandis</i> Linn F..	70
TABELA 20 – Análise de variância para equação de Richard's (1959) em árvores de <i>Tectona grandis</i> Linn F.....	73
TABELA 21 – Valores das curvas de índice de sítio .....	76
TABELA 22 - Estatística para os modelos de $h_m$ .....	78
TABELA 23 - Modelos estatísticos de $d_g$ .....	81
TABELA 24 - Modelos de N/ha .....	84
TABELA 25 – Roteiro para confecção das tabelas de produção .....	89

TABELA 26 – Tabela de produção para <i>Tectona grandis</i> Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 10. ....	90
TABELA 27 – Tabela de produção para <i>Tectona grandis</i> Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 12. ....	90
TABELA 28 – Tabela de produção para <i>Tectona grandis</i> Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 14. ....	91
TABELA 29 – Tabela de produção para <i>Tectona grandis</i> Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 16. ....	91
TABELA 30 – Tabela de produção para <i>Tectona grandis</i> Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 18. ....	92
TABELA 31 – Tabela de produção para <i>Tectona grandis</i> Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 20. ....	92
TABELA 32 – Produção de teca na Índia em Sitio Bom(Kumar&Kumar, 1997)	112
TABELA 33 – Produção de teca na Índia (Jha, 1999) .....	112
TABELA 34 – Produção de teca em Java (Kramer et al., 1988).....	112
TABELA 35 – Produção de teca em Benin (Houayé, 1993).....	113
TABELA 36 – Produção de teca em Porto Rico (Jha, 1999) .....	114
TABELA 37 – Produção de teca em Trinidad e Tobago (Streets, 1962) .....	114
TABELA 38 – Produção em Trinidad e Tobago (Claves&Fonseca, 1991) .....	115
TABELA 39 – Produção de teca na Costa Rica (Machuca, 1997).....	116
TABELA 40 – Produção de teca na Venezuela (Jha, 1999).....	116

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Classes de produção florestal no Mato Grosso.....	6
FIGURA 2 – Distribuição da Teca no Brasil .....	10
FIGURA 3 – Algumas características morfológicas da <i>Tectona grandis</i> L. F. ....	11
FIGURA 4 – Municípios de Santo Antônio do Leverger e Brasnorte – MT .....	37
FIGURA 5 – Imagem do plantio de teca com 40 meses na Fazenda Ribeirão da Estiva Município de Santo Antonio do Leverger – MT (Foto: Zenésio Finger) .....	38
FIGURA 6 - Resíduos entre a altura observada e a altura estimada pelos modelos 2 e 5, em metros em função do Dap em centímetros.....	59
FIGURA 7 – Alturas estimadas e observadas para <i>Tectona grandis</i> Linn. F. para o Estado do Mato Grosso. ....	60
FIGURA 8 - Resíduos entre o volume cubado e o volume estimado pelas equações 14 e 16, em metros cúbicos. ....	62
FIGURA 9 – Distribuição dos resíduos (modelo 3 e 11) de fator de forma artificial .....	67
FIGURA 10 – Perfil longitudinal de duas árvores dominante.....	71
FIGURA 11 – Distribuição das alturas dominantes observadas em 80 parcelas temporárias e plotadas sobre as curvas de índice de sítio. ....	74
FIGURA 12 – Curvas de índice de sítio e de crescimento das alturas dominantes observadas na análise de tronco .....	75
FIGURA 13 - Resíduos entre a altura média observada e estimada pelas equações 1 e 2, em metros, para teca. ....	79
FIGURA 14 – Modelo de regressão ajustado (nº 2) e valores observados de altura média em função da altura dominante para teca.....	80
FIGURA 15 - Resíduos entre o diâmetro de área basal média observado e estimado pelas equações 3 e 9, em metros. ....	82
FIGURA 16 – Modelo de regressão ajustado (nº 3) e valores observados de $d_g$ em função da altura média. ....	83

<b>FIGURA 17 – Distribuição dos resíduos entre o número de árvores por hectare observado e o estimado pelos modelos 7 e 6.....</b>	<b>85</b>
<b>FIGURA 18 – Tendência do N/ha em relação a altura dominante obtida pelo modelo 7.....</b>	<b>86</b>
<b>FIGURA 19 – Área basal (G/ha) em função da idade e índice de sítio .....</b>	<b>87</b>
<b>FIGURA 20 – Volume (V/ha) em função da idade e índice de sítio.....</b>	<b>88</b>
<b>FIGURA 21 – Volume (V/ha), em função de <math>h_{100}</math> para <i>Tectona grandis</i> Linn F. em Cote d'Ivoire, Trinidad e Tobago, Benin, Java e Mato Grosso – BR (índice de sítio 16, Tabela 21).....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

A simbologia utilizada neste trabalho será a normatizada pela União Internacional das Organizações de Investigações Florestal (IUFRO), em seu documento “La normalización de los símbolos en dasometría”, publicado em 1969, que propôs um conjunto de símbolos para serem utilizados na mensuração florestal, com o objetivo de normatizar e unificar a linguagem de toda comunidade florestal (Prodan *et al.*, 1997).

Os símbolos estão descritos abaixo:

$d$	Diâmetro a 1,3 m de altura
$h$	Altura total
$g$	Área basal
$v$	Volume da árvore
$t$	Idade
$i$	Crescimento
$f$	Fator de forma
$n$	Número
$d_{0,i}$	Diâmetro a 0, $i$ da altura desde o solo
$d_g$	Diâmetro da árvore de área basal média
$h_{100}$	Altura dominante
$f_{1,3}$	Fator de forma artificial
$IMA$	Incremento médio anual
$ICA$	Incremento corrente anual

## **RESUMO**

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria

### **CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE *TECTONA GRANDIS* LINN F., EM POVOAMENTOS JOVENS DE DUAS REGIÕES DO ESTADO DE MATO GROSSO - BRASIL**

AUTOR: RONALDO DRESCHER  
ORIENTADOR: DR. CÉSAR GUIMARÃES FINGER  
Santa Maria, 29 de janeiro de 2004.

A *Tectona grandis* Linn F. foi introduzida em Mato Grosso no final da década de sessenta e, a cada ano, novos plantios são realizados no estado com o intuito de substituir as madeiras nativas de uso nobre. Os plantios de teca são realizados, na sua maioria, em sistemas de mosaico, sendo este o maior ganho dessa espécie madeireira que, a cada ano, vem conquistando mais espaço no cenário econômico do estado de Mato Grosso. Para este estudo, foram realizados levantamentos em plantios de teca nos municípios de Santo Antônio do Leverger e Brasnorte, em propriedade das Empresas Brasteca e Berneck, respectivamente. Pode-se considerar os plantios estudados jovens, possuindo não mais que 11 anos de idade, com a possibilidade de rotações curtas que permitem a discussão da importância de se processar madeira com dimensão pequena. Tendo em vista a inexistência de tabelas de produção da *Tectona grandis* para o Mato Grosso que possibilitasse determinações rápidas do estoque de madeira e o planejamento da produção, originou-se a necessidade de estudar o crescimento e a produção para a espécie. Este estudo também teve por objetivo determinar: relação hipsométrica; estudo do sítio e determinação do índice de sítio; estudo do crescimento em diâmetro, altura, área basal e volume por hectare e idade; confecção de tabelas de volume, fator de

forma artificial, produção para uso regional e comparar crescimento e produção com os de outros locais. Como resultados obtidos neste trabalho têm-se que: a equação de Chapman–Richard's, testada para modelar o crescimento, descreveu de forma adequada e eficiente a evolução da variável altura dominante dentro do intervalo de idade analisado; para descrever a variação do crescimento da altura dominante sobre a idade, foram necessárias seis curvas de índice de sítio de 10 a 20, na idade-índice de 10 anos; o modelo  $\sqrt{h} = 1,390 - 0,063 \cdot d + 0,448 \cdot \ln^2 d$ , foi o selecionado para explicar a relação entre altura e diâmetro; para estimar o volume, o modelo selecionado foi  $\log(v) = -4,141 + 1,781 \cdot \log(d) + 0,974 \cdot \log(h)$ ; para fator de

forma artificial,  $\ln(f_{1,3}) = 0,774 + 0,697 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) - 0,647 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right) + 0,199 \cdot \ln\left(\frac{1}{h \cdot d}\right)$ , foi a equação que apresentou melhor ajuste; Neste estudo foi verificado maior crescimento da teca em Mato Grosso quando comparado a outros países. Isso demonstra a importância dessa espécie não só para o estado, mas também para o país.

Palavras-chaves: *Tectona grandis*, teca, crescimento, produção, sítio, tabela de volume, fator de forma, relação hipsométrica, tabela de produção, Mato Grosso.

## **ABSTRACT**

### **GROWTH AND YIELD OF *TECTONA GRANDIS* LINN F. FOR THE STATE OF MATO GROSSO – BRAZIL**

Author: RONALDO DRESCHER  
Adviser: DR. CÉSAR GUIMARÃES FINGER  
**Santa Maria, January 29 - 2004**

The *Tectona grandis* Linn F. was introduced in Mato Grosso in the end of the sixties and new planting is made each year in the State with the aim of replacing native woods of noble use. Beyond the expectation of great future gains the teak plantations are, most of the time, made in the mosaic system. This system is certainly the greatest advantage of this wood species, which is conquering more space each year in the Mato Grosso economical set. For this project, information about teak was acquired from the cities of Santo Antonio do Leverger and Brasnorte. In this places, the plantations are the propriety of Brasteca e Berneck companies, respectively. These plantations were young - less than 11 years old. And the possibility of short crop allows the discussion of the importance of processing wood in small dimensions. Since there was no production planning of *Tectona grandis* in Mato Grosso, which would allow rapid wood stock determination, the need to study the structuring of production for this species arose. This project also aimed at establishing: the study of hypsometric relationship; the study of the site and the determination of the site index; the study of diameter, height, base area and volume growth by year and by hectare; the development of the artificial form factor; the making of volume tables, form factor tables and yield tables for regional use. The results achieved in this work were the followings: to model the growth, the Chapman-Richard's equation described efficiently the dominate height variable evolution within the time span analyzed. The

model  $\sqrt{h} = 1,390 - 0,063 \cdot d + 0,448 \cdot \ln^2 d$ , was selected to explain the relationship between height and diameter. The volume was modeled with the equation  $\log(v) = -4,141 + 1,781 \cdot \log(d) + 0,974 \cdot \log(h)$ . The following equation was that showed the best adjustment for artificial form factor

$$\ln(f_{1,3}) = 0,774 + 0,697 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) - 0,647 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right) + 0,199 \cdot \ln\left(\frac{1}{h \cdot d}\right)$$

Finally, six curves of site index, between 10 and 20, was needed to describe the variation of the dominate height growth over the age in the index-age of 10 years. As a conclusion it was verified a greater growth of teak in the state of Mato Grosso in comparison with other countries. This demonstrates the importance of teak not only for the state of Mato Grosso but for the whole country.

Key-words; *Tectona grandis*, teak, growth, yield, site, volume table, form factor, hypsometric relationship, yield table, Mato Grosso.

## 1 INTRODUÇÃO

A silvicultura no Brasil evoluiu como uma atividade voltada para a produção de matéria-prima às indústrias baseadas na utilização de madeira e fibras. O fornecimento de madeiras nobres às indústrias madeireiras é oriundo das florestas naturais, mediante a exploração seletiva. A baixa frequência de indivíduos de uma mesma espécie por unidade de área nas florestas tropicais faz surgir a necessidade de áreas de manejo cada vez maiores e de expansão dos parques madeireiros.

As plantações de Teca (*Tectona grandis* Linn F.), espécie oriunda do sudeste asiático, surgem como uma alternativa substituta de outras espécies de maior valor econômico, como o Mogno (*Swetenia macrophylla* G.King) e a Cerejeira (*Torresia acreana* Ducke), por exemplo, oferecendo excelentes perspectivas aos madeireiros, proporcionando segurança no atendimento da reposição florestal por ser vigorosa e de resultados comprovados e, ao mesmo tempo, apresentando-se como uma alternativa para a possibilidade de suprimento sustentável da indústria de base florestal.

O Mato Grosso é um dos estados brasileiros com maior vocação madeireira: possui cerca de 52% de sua extensão territorial constituída por Floresta Amazônica, com potencial madeireiro de aproximadamente 400 bilhões de m<sup>3</sup>, de acordo com dados da Federação da Indústria de Mato Grosso em 2002 (AMEF, 2002). O estado, atualmente, possui cerca de 15 mil hectares de reflorestamento de essências para serraria e laminados, como o mogno, pinho cuiabano e teca, e cerca de 15 mil hectares de eucalipto para fins energéticos (SAAF, 2001).

A capacidade instalada da indústria madeireira é de 350.000 m<sup>3</sup> de madeira (compensados, laminados e serrados) por mês. Esse segmento corresponde a 24% das indústrias do estado (AMEF, 2002). É notório que, além da capacidade agrícola agora instalada, o estado sempre foi alvo do extrativismo, tendo a madeira como principal produto, o que torna evidente sua vocação florestal.

Mas apenas na década de 70, mais precisamente em 1971, através do pioneirismo da empresa Cáceres Florestal, a teca chegou à região de Cáceres-MT. A partir daí, foi mitificada e passou a ser o tema de acirradas discussões filosóficas, despertando amor – nos florestais – e ódio – nos ambientalistas radicais.

Porém, como os plantios de teca estão na fase inicial, ainda há pouca preocupação quanto ao acompanhamento, controle do crescimento e produção dessa essência florestal.

A possibilidade de rotações curtas permite a discussão da importância de se processar madeira de dimensão pequena. É preciso tecnologia apropriada para assegurar aquela produção que satisfaça os padrões de mercado. Devido à inexistência de tabelas de produção da *Tectona grandis* Linn F. para a região Centro-oeste e Amazônia Legal que possibilite determinações rápidas do estoque de madeira para diferentes tipos de aproveitamento, há necessidade de se estudar a estruturação da produção e os sortimentos para essa espécie. Indispensáveis para a avaliação do estoque dos sortimentos de madeira, visando ao abastecimento industrial, bem como, à avaliação e à otimização da produção com o intuito de definir o período de rotação.

Deve-se salientar que a teca, assim como outras espécies florestais, é responsável por aliviar a pressão nas florestas nativas que ainda resistem às investidas da pecuária, agricultura e dos madeireiros. Entretanto, é crescente o número de madeireiros responsáveis e visionários que seguem a trilha aberta por Luiz Veit em Cáceres-MT e investem na teca como cultura florestal. Os povoamentos são implantados, na sua maioria em sistemas de mosaico, mesclado com a floresta nativa, agriculturas e pastagem, mantendo o equilíbrio.

Esse sistema, certamente, é o maior ganho desse mito madeireiro que a cada ano ganha mais espaço no cenário econômico de Mato Grosso. De certa forma, os plantios são jovens, com raríssimas exceções, possuindo não mais que 15 anos de idade.

No entanto, mesmo possibilitando perspectivas de “segurança e elevada rentabilidade”, como asseguram alguns investidores, cabe salientar que o lucro advindo de plantios de teca só será garantido se eles tiverem os cuidados de manejo necessários ao desenvolvimento dessa espécie. Não basta apenas plantar a teca e esperar que o “ouro verde” cresça e possa ser cortado. É necessário o planejamento da utilização dessa espécie florestal, que só será eficiente e terá êxito se for fundamentado em dados coletados, manipulados e analisados dentro de padrões técnicos que possam garantir uma decisão adequada e racional.

Os objetivos do presente trabalho visam para *Tectona grandis* Linn F.:

1. Determinar a relação hipsométrica;
2. Estudo do sítio e determinação do índice de sítio;
3. Estudo do crescimento em diâmetro, altura, área basal e volume por hectare e idade;
4. Desenvolvimento do fator de forma artificial em relação às variáveis dendrométricas;
5. Confecção de tabelas de volume, fator de forma artificial e produção para uso regional;
6. Comparar crescimento e produção com o de outros locais.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Caracterização do Estado de Mato Grosso e do setor florestal**

De acordo com o Diagnóstico Sócio-econômico do Estado de Mato Grosso (FAPEU/UFSC, 2002), publicado pela Universidade Federal de Santa Catarina, o estado ocupa estratégica posição geopolítica em relação às Américas, sendo o centro da América do Sul e o Portal da Amazônia.

Com uma população de 2.504.353 habitantes, é o terceiro estado brasileiro em dimensão territorial, com a área de 901.420 Km<sup>2</sup>, representando 10,55% do território nacional. O Estado é composto por 139 municípios e se destaca pela diversidade de seus recursos naturais, caracterizados por três ecossistemas distintos: o pantanal, o cerrado e o amazônico, como também pelas bacias hidrográficas do Paraguai, do Amazonas e do Araguaia-Tocantins, que banham o estado (IBGE, 2000).

Mato Grosso conta, hoje, com uma área de aproximadamente 23.343 hectares (vinte e três mil trezentos e quarenta e três hectares) de floresta plantada, na qual quase 50% destes plantios estão direcionados para produção de lenha. Em números relativos, esses dados representam uma porcentagem muito pequena em virtude do potencial para reflorestamento que o estado apresenta (AMEF, 2002).

Considerando a área desmatada em Mato Grosso nos últimos 5 (cinco) anos (aproximadamente 79.823 Km<sup>2</sup>) e a quantidade de área reflorestada até 1998, existe um déficit de reposição florestal equivalente a 342 vezes. Estes dados comprovam que os atuais Sistemas de Gerenciamento dos Recursos Florestais estão sendo conduzidos para a sua exaustão. Ainda que o estado apresente um ótimo índice de recomposição natural dos seus Ecossistemas Florestais, isto não será suficiente para repor a presente demanda por matéria-prima e produtos florestais existente no mercado (FAPEU/UFSC, 2002).

Segundo AMEF (2002), a produção atual de madeira no Estado de Mato Grosso gira em torno de 4.000.000 m<sup>3</sup> (quatro milhões de metros cúbicos), sendo então consumidos, aproximadamente, 7.000.000 m<sup>3</sup> (sete milhões de metros cúbicos) de madeira em tora. Como toda essa madeira provém de áreas naturais, seriam necessários, aproximadamente, 360.000 hectares (trezentos e sessenta mil hectares) de floresta natural para suprir essa demanda.

Estima-se que, atualmente, exista um déficit de, aproximadamente, 6.500.000 m<sup>3</sup> (seis milhões e quinhentos mil metros cúbicos) de madeira em toras por ano. Para suprir esse déficit e evitar que a economia do Setor Florestal entre em colapso, será necessária a implantação de, no mínimo, 10.000 ha/ano de reflorestamento, que gerará 3.000.000 m<sup>3</sup>/ano (três milhões de metros cúbicos ano) - rotação final, e a implantação de 140.000 ha/ano (cento e quarenta mil hectare ano) de área em Manejo Florestal (AMEF, 2002).

De acordo com a Câmara de Política e Desenvolvimento Econômico da SICM/MT (Secretaria de Indústria, Comércio e Mineração de Mato Grosso), o PIB da cadeia produtiva do setor de base Florestal, em 1998, foi de R\$ 500 milhões de reais, correspondendo a 6,4% do PIB total do estado e gera 8% do ICMS do estado. É o segundo colocado no item de exportação do estado, perdendo apenas para a soja.

A Figura 1 foi tirada do Diagnóstico Sócio-Econômico de Mato Grosso, no qual os autores classificaram o estado em classes de produção, baseados nos dados do IBGE(2000). Essas classes são respectivamente: Classe 1 - Grande produção de lenha; Classe 2 – Grande produção de madeira, castanha-do-pará; Classe 3 – Pequena produção de madeira e lenha; Classe 4 – Produção de mangaba, Mediana produção de lenha; Classe 5 – Grande produção de pequi, palmito, carvão e lenha.



## 2.2 Breve histórico da teca

O nome *Tectona* é originário da palavra portuguesa teca, que é derivado do grego “*tekon*”, significando carpinteiro. *Grandis*, em Latim, possui o significado de grande, nobre. Relaciona-se, portanto, com as qualidades da madeira de teca, que é muito apreciada pelos carpinteiros e marceneiros. Assim sendo, surgiu o nome literal dessa espécie: *Tectona grandis* Linn F., cuja tradução significa: “o maior orgulho dos carpinteiros” (Tewari, 1999).

Segundo Wagenfuhr (1996), na Alemanha, Inglaterra, Índia, Grã Bretanha, Siam, Birmânia, Tailândia, Java, Burma, Indonésia e na maioria dos países do mundo, a teca é conhecida como *Teak*. Na França e Itália, ela é chamada de *teck*. Em Java, de *ojati*. Em Laos, Camarões e Tanzânia, de *May sak*. Em Burma, chama-se *Kyum*. Na Indonésia, é conhecida por *tadi*, *Tek* e *Sâgwam*. Na Malásia e Gabun, é *Djati*. No Vietnã, é *Giathi*. No sul da Indonésia, é *Kemal* ou *Semarang*. A teca é chamada no sul da Indonésia e na Tailândia de *Jat* ou *Sak*.

A silvicultura serve como ferramenta indispensável para manejar, devido a sua história que remonta o século passado. Desse modo, Dawkins, *apud* Keogh (1995), mostra a evolução histórica da silvicultura tropical nas experiências realizadas na Índia, por volta de 1800, com as primeiras tentativas de estabelecimento de plantações de teca (*Tectona grandis* Linn F.) no país, visando à produtividade dessa madeira.

A Teca, assim como o Cedro do Líbano, é uma das mais antigas madeiras comercializadas no mundo. Especula-se que, desde 4.000 a.C., essas espécies já eram utilizadas no comércio mundial. Nessa época, a teca era embarcada na Índia com destino à Babilônia e ao Iêmen, para a construção de navios, palácios e templos. Com a colonização da Índia e outras nações asiáticas pelos europeus, a madeira de teca começou a ser usada em larga escala, principalmente na construção naval. Assim, essa

madeira se difundiu e vem sendo utilizada com inúmeras vantagens em substituição a outras espécies tradicionais do velho mundo (Veit, 1996).

Excelentes exemplos da durabilidade da madeira de teca são dados por Tewari (1999), o qual cita que, no Templo de Vijaynagar, em Andhra Pradesh, na Índia, após 500 anos exposta a intempéries, continua em ótimo estado de conservação. Outro caso é o do Palácio dos Reis Persas em Bagdá – Iraque, onde a teca foi utilizada nos pilares, no século VII, e se encontra em excelentes condições.

As primeiras tentativas de cultivar a teca de forma extensiva começaram em 1865, destacando-se como maior sucesso a experiência em Vembooram, uma pequena ilha no rio Periyar, Índia. (George, 1961).

Behaghel (1999), citando a história da teca no mundo, destaca que atualmente existem cerca de 3 milhões de hectares da espécie no planeta, incluindo *Tectona grandis*, *Tectona hamiltoniana*, *Tectona philippinensis* e *Tectona abludens*.

No Brasil, segundo Sampaio (1930), a teca foi plantada no Jardim Botânico do Rio de Janeiro e no Horto Florestal de Rio Claro-SP em 1930, tendo sido as duas experiências consideradas promissoras e com boas perspectivas para o país.

Sampaio (1930), professor de Botânica do Museu Nacional, publicou, em março daquele ano, na Revista Florestal, um artigo intitulado “A teca da Índia e a do Brasil”, onde tratava a espécie como famosa e promissora e colocava a “Angélica do Para” (*Dicorynia paraensis*) como a substituta brasileira para a espécie indiana. Esta espécie também era encontrada na Guiana Francesa e era conhecida no mercado francês como “teca da Guiana”. Citava ainda o autor que os exemplares de teca do Jardim Botânico do Rio de Janeiro e do Horto Florestal de Rio Claro – SP eram bastante promissores. O pesquisador posiciona-se a favor da *Tectona grandis* como cultura no Brasil, indicando plantios de ambas as espécies para confronto e análise.

No entanto, o primeiro experimento registrado e realizado com teca no Brasil foi em 04 de fevereiro de 1959, na Escola Superior de

Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), em Piracicaba-SP. Essa experiência foi executada por Helladio do Amaral Mello, professor de Silvicultura. Ele utilizou sementes de teca vindas de árvores existentes na Usina Tamoio, em Araraquara-SP. Foram plantadas 552 plantas em 17 linhas e com altura média de 30 centímetros (Mello, 1963). Esse professor pode ser considerado o precursor da teca no Brasil.

Kretschek & Samonek (1998) estimam que, no Brasil, existem pelo menos 2.533.000 hectares propícios para implantação de teca. Desse montante, uma boa parte se localiza no Estado de Mato Grosso.

De acordo com Matricardi (1989), existem no Brasil inúmeros plantios de teca com variadas idades e diversos locais. Dentre eles, pode-se citar: Usina Tamoio, em Araraquara-SP; Aracruz Florestal S/A, em Aracruz-ES; Jarcel Florestal, em Monte Dourado-PA; na CEPLAC, em Porto Seguro-BA; dentre outros.

No Estado de Mato Grosso, a teca foi introduzida pelo Engenheiro Agrônomo Luiz Veit, em 1967, num experimento que tinha por objetivo definir uma espécie produtora de madeira nobre adequada ao florestamento da região de Cáceres-MT. Foram testadas, nessa pesquisa, as espécies nativas mogno, cedro e cerejeira; e as exóticas teca, cadam e toona. Dentre as espécies testadas, segundo Veit (1996), a teca foi a que se sobressaiu pelo vigor, rusticidade e excelente forma de fuste.

Matricardi (1989) cita que a teca foi plantada em povoamento no Mato Grosso pela Madeireira Cáceres Florestal S.A., em 1971, no sítio Castiçal do Jauru, na grande Cáceres-MT.

### **2.3 Distribuição geográfica e descrição botânica da teca**

A área de ocorrência natural da teca situa-se entre 10° e 25° N no subcontinente Índico e no Sudeste Asiático (Mahaphol, 1954; Streets, 1962; Lamprecht, 1990).

A teca é originária da Birmânia, Índia, oeste da Tailândia, Laos e Indonésia. Também é encontrada ao sul da linha do Equador, em Java e em algumas pequenas ilhas do Arquipélago Indonésio (Mahaphol, 1954; Streets, 1962).

Na América, a teca chegou em Trinidad e Tobago, em 1913, com sementes vindas de Tenasserim, em Birmânia, segundo Beard (1943). Depois, espalhou-se por quase toda América Central e do Sul. Conforme Keogh (1980), as sementes saíram de Trinidad e foram exportadas para Berlize, Antilhas, Republica Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colômbia, Venezuela, Haiti, Porto Rico, Equador, Guiana Francesa, México, Peru, El Salvador, Honduras, Argentina e Brasil.

Além de Mato Grosso, hoje, há plantios de teca no Paraná, São Paulo, Tocantins, Pará, Acre, Rondônia e Amapá (Figura 2).



FIGURA 2 - Distribuição da Teca no Brasil

Fonte (Mapa adaptado):<http://www.guianet.com.br/brasil/mapapolitico.htm>

A teca (*Tectona grandis* Linn. F.) é uma espécie arbórea, decídua, da floresta tropical, pertencente à família Verbenaceae (Lamprecht, 1990; Wagenfuhr, 1996). Trata-se de uma espécie tipicamente pioneira, sendo suas folhas opostas, elípticas, coriáceas e ásperas, de ápice e base

agudos e dotadas de pecíolo curto ou ausente, conforme mostrado na Figura 3. As flores são brancas, pequenas, erectas, apresentando pecíolos curtos e inflorescências do tipo panícula. Os frutos consistem em drupas sub-globosas envolvidas por uma completa e densa cobertura feltrosa marrom (Matricardi, 1989; Wagenfuhr, 1996 e Khedkar, 1999).

Possui o tronco cilíndrico e geralmente bifurcado. A casca é mole, atingindo até 15 mm de espessura, desprendendo-se geralmente em longas faixas verticais e com sabor amargo. O sistema radicular é superficial, reagindo à falta de oxigênio (Lamprecht, 1990; Wagenfuhr, 1996 e Khedkar, 1999).

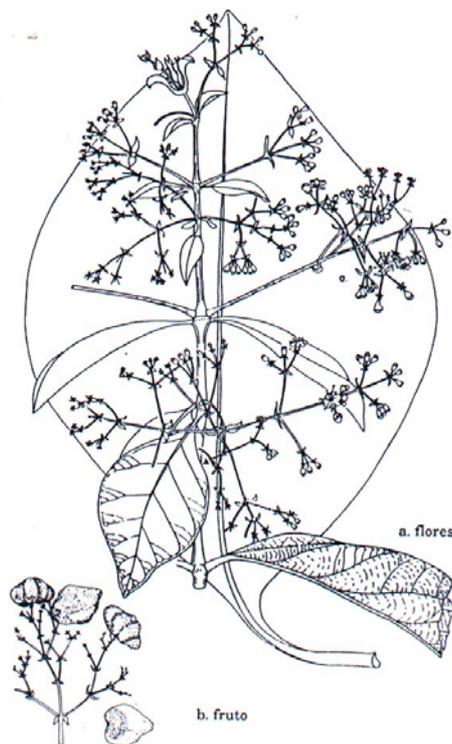


FIGURA 3 – Algumas características morfológicas da *Tectona grandis* L. F.

Na teca, o cerne é castanho-amarelo-dourado, contrastando com o alburno amarelado ou esbranquiçado, geralmente delgado. Apresenta anéis de crescimento nítidos e diferenciados nos cortes transversais (Higuchi, 1979; Cardoso, 1991). Em umidade a 12%, a teca possui um peso específico da madeira equivalente a  $0,6259 \text{ g/cm}^3$ , sendo o lenho oleoso ao tato, possuindo textura grosseira e grã reta (IBDF, 1984).

## 2.4 Aspectos que influenciam o desenvolvimento da teca

Banijbthana (1957), FAO (1959), Takle & Mujumdar (1968), Kaosa-Ard (1983), Keogh (1980), Matricardi (1989), Tewari (1999), Jha (1999), entre outros, em seus estudos quanto aos fatores relevantes na cultura de teca em seu habitat natural, indicam que:

- Precipitação anual: encontra-se entre 1257mm e 2540mm, como ocorre na maior parte das florestas nativas de teca, na Índia, no sudeste asiático.

- Estações do ano: bem definidas, com período seco de 2 a 4 meses. Por ser uma espécie caducifólia, a teca permanece esse período sem folhas.

- Solo: exigente no que tange à profundidade, à aeração e à drenagem. No habitat natural, solos de mediana fertilidade, bem drenados, arejados e profundos, sendo mais adequados os solos arenosos.

- Temperatura: a teca é natural de zonas de temperatura mínima que varia de 1,9°C (Tailândia) a 47,8°C (Índia), porém tem melhor desenvolvimento na temperatura média anual de 26°C.

- Topografia: exigente quanto à topografia, principalmente quando afeta a drenagem e a profundidade do solo.

- Luz: a teca é uma espécie pioneira e não tolera a sua falta.

- Agentes físicos: possui sensibilidade aos danos causados pela geada e ventos frios. Especialmente nos primeiros anos, a teca não suporta geada ou seca muito forte. No entanto, tem uma resistência maior ao fogo, vento e danos mecânicos, devido ao seu sistema radicular desenvolvido e profundo.

Yadav & Sharma (1968), estudando os fatores de solo que influenciam a teca, detectou que ela é capaz de se desenvolver numa ampla variedade de condições. No geral, a teca é exigente em cálcio próximo à zona radicular.

Brigatti (1981) sugere que os melhores plantios de teca devem ocorrer em solos de mediana fertilidade, bem drenados, arejados e profundos, além de estes serem bem preparados, através de aração e gradagem.

Geralmente, os maiores incrementos nos povoamentos de teca são verificados em solos profundos, livres de impedimentos físicos, permeáveis, de fertilidade mediana, com pH maior que 5,5, apresentando baixo teor de alumínio e com o teor de cálcio variando entre 4 e 5 ppm. Os solos ainda devem ser bem drenados e arejados, pois a teca é muito sensível à deficiência de oxigênio. A presença de fósforo no solo é muito importante na fase de viveiro, principalmente por favorecer o desenvolvimento do sistema radicular, aumentar o vigor das mudas e antecipar o tempo de sua formação (Takle & Mujumdar, 1968; Yadav & Sharma, 1968; Kaul *et al.*, 1972; Salazar & Albertin, 1974; Kaul *et al.*, 1979; Hidalgo *et al.*, 1986; Matricardi, 1989; Rondon Neto *et al.*, 1998).

Os autores citam que o desenvolvimento máximo da teca ocorre em clima tropical quente e úmido, com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média anual deve ser superior a 22°C, sendo que a máxima não deve ultrapassar 46°C, e a mínima, 6°C. A precipitação média anual deve estar entre 1500 e 2500 mm, tendo uma estação seca de 3 a 5 meses, com no máximo 500 mm por mês de chuva. A altitude satisfatória pode variar entre 200 e 400 m.

Para Banijbthana (1957) e Salazar & Albertin (1974), o bom desenvolvimento da teca ocorre em sítios onde a precipitação anual atinge em média 1270 mm, apresentando uma estação seca de três a quatro meses com 63 mm de precipitação em média mensal e uma temperatura máxima de 40°C, com mínima de 12°C.

## **2.5 Utilização e Importância econômica**

De acordo com Keogh (2000), a teca, nos últimos anos, vem recebendo um tratamento especial, principalmente, por parte dos

empresários do setor privado. No entanto, esse tratamento se intensificou, segundo Veit (2000), a partir de 1840, quando começaram os reflorestamentos de teca em larga escala, além do manejo de florestas naturais dessa espécie. Isso só aconteceu porque os europeus ficaram conhecendo essa preciosa espécie através dos portugueses, que realizavam operações mercantis com a Índia.

Assim, logo foi verificada a potencialidade da teca na construção naval: por possuir madeira leve, porém resistente, pouco sujeita ao empenamento, podendo ficar exposta ao tempo e à água do mar sem sofrer danos, como apodrecimento, ataque de fungos, insetos e brocas marinhas. Além disso, a teca também é fácil de ser trabalhada e possui capacidade de proteger o ferro, como pregos e parafusos, da corrosão. Por esses motivos, os ingleses e holandeses cuidaram de assegurar a disponibilidade sustentável da teca (Bhat, 2000).

Conforme Veit (2000), a teca hoje é consumida em larga escala e em grandes volumes em toras, madeira serrada, laminados, revestimentos de convés, decoração de transatlânticos, veleiros e iates, produção de móveis finos, esquadrias (portas e janelas), pisos, peças artesanais, utensílios domésticos (tábuas de carne, colheres, tampas de vidros, portamantimentos), móveis rústicos. Dessa maneira, a teca figura entre as madeiras nobres de maior procura e valor do planeta.

Cardoso (1991) considera que a teca é fácil de se trabalhar e pode receber um bom acabamento, o que valoriza ainda mais essa espécie. Já Behaghel (1999) salienta que pressupostos econômicos favorecem rotações curtas e questiona se os fustes de teca deveriam ser cortados em rotações curtas e gerar renda de modo mais rápido, ou se deveriam ser produzidos diâmetros maiores, com possibilidade de melhores preços para os troncos.

Bhat (2000) destaca a qualidade da madeira de teca de plantações, fazendo referência especial à Índia, onde a espécie tem claramente a preferência dos madeireiros para a produção de madeira de alta

qualidade em laminados, serraria e até na fabricação de taco, além dos plantios terem rotações curtas.

## 2.6 Crescimento

O crescimento consiste no alongamento e engrossamento de suas raízes, tronco e galhos. Dessa maneira, influencia diretamente o seu peso, volume e forma. De acordo com Finger (1992) e Scolforo (1998b), o crescimento longitudinal de todas as partes da árvore é do meristema primário, e o crescimento em diâmetro é originário do meristema secundário ou câmbio.

Cardoso (1991), estudando a caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com atividade cambial, cita que as camadas de crescimento na teca são visíveis a olho nu e demarcado pelas faixas do parênquima inicial que se associam aos anéis porosos.

De acordo com Schneider (1993), para o manejador inferir no crescimento de uma determinada árvore ou povoamento, faz-se necessário saber quais os fatores que afetam o crescimento, dentre os quais a luz, a temperatura, a água, os nutrientes, o CO<sub>2</sub> e conteúdo de clorofila. A disponibilidade desses fatores vai depender da concorrência da árvore / povoamento, e esta pode ser trabalhada através dos desbastes e cortes de melhoramentos.

Para Finger (1992), o crescimento das árvores é influenciado diretamente pelos fatores genéticos da espécie, interagindo com o meio ambiente (fatores climáticos, solo, topografia e competição).

Existem muitas maneiras de representar o crescimento de uma árvore. Dentre elas, o incremento corrente anual (ICA), o incremento médio anual (IMA) e o incremento periódico anual (IPA) (Finger, 1992).

Na Tailândia, o grau de crescimento da teca varia de acordo com a qualidade do sítio onde a mesma está instalada. Em condições edáficas favoráveis, como solos ricos e profundos, dotados de adequada umidade, a teca pode alcançar cerca de 68 cm de diâmetro em 60 anos de idade.

Em sítios médios, ela leva quase 150 anos para atingir a mesma dimensão. Já em condições desfavoráveis, essa dimensão será alcançada aos 250 ou 300 anos de idade (Banijbhatana, 1957). Chaturverdi (1995) acrescenta que, na Índia, os povoamentos de teca possuem um incremento médio anual de 1,05 m<sup>3</sup>/ha/ano.

De maneira geral, o incremento na fase juvenil da teca é acelerado, atingindo 3 metros de altura nos dois primeiros anos e 5 metros de altura após 5 anos (Lamprecht, 1990). Em Java, aos 80 anos, o incremento da teca foi de 9,8 m<sup>3</sup>/ha/ano (ESALQ, 1970).

De acordo com Krishnapillay (2000), a plantação de teca pode chegar a ter classes de crescimento entre 10 e 20 m<sup>3</sup>/ha/ano. Entretanto, em sítios mais pobres, em geral, ela varia de 4 a 8 m<sup>3</sup>/ha/ano. (Htwe, 1999; Cão, 1999).

Em Kerala e Bangladesh, ou por material genético inferior ou por escolha de sítios inadequados, unido a um péssimo sistema de manejo, povoamentos de teca incrementam, em média, de 2 e 3 m<sup>3</sup>/ha/ano. Na América Central e no Caribe, o incremento médio anual obtido é de 8 m<sup>3</sup>/ha/ano. Em El Salvador, nos plantios de 5 anos, o incremento médio anual encontrado foi de 15,5 m<sup>3</sup>/ha/ano, com diâmetro à altura do peito médio de 11,0 cm e altura média de 11,0 m (Keogh, 1995).

Na savana africana, o incremento médio anual varia muito e, nos casos mais prementes, pode chegar a valores como 1 a 1,5 m<sup>3</sup>/ha/ano. Já nos melhores sítios, o IMA vai de 7 a 11 m<sup>3</sup>/ha/ano (FAO, 1985).

Pandey (1992), estudando o incremento médio anual para teca na Costa Rica, inicialmente estimou o IMA em 15 m<sup>3</sup>/ha/ano. Baseado em outras experiências existentes na Costa Rica, o autor cita que, nos melhores sítios, o incremento médio anual pode chegar a 20 m<sup>3</sup>/ha/ano e, nos piores, a 12 m<sup>3</sup>/ha/ano.

No Mato Grosso, o incremento médio anual, de acordo com a empresa Cáceres Florestal (1997 e 2000), varia de 10 a 15 m<sup>3</sup>/ha/ano, sendo essa, utilizada como informação pela Secretaria de Agricultura e Assuntos Fundiários de Mato Grosso (SAAF-MT, 2001). No entanto,

Centeno (1997), afirma que o incremento médio anual pode variar de 10 a 20 m<sup>3</sup>/ha/ano.

## 2.7 Volume

Prodan *et al.* (1997) afirmam que a estimativa do volume dentro da dendrometria e do inventário florestal pode ser considerada como um problema relevante. A dificuldade na determinação direta do volume se encontra na cubagem de secções. Assim, faz-se necessário utilizar expressões matemáticas que permitam estimar o volume da árvore sobre uma base de medições simples.

O volume é expresso por uma variável dependente do seu diâmetro, de sua altura e de sua forma. Ele representa a produção potencial de matéria sólida que um povoamento pode produzir e é caracterizado pelo meio ecológico e pela atividade florestal empregada (Prodan *et al.*, 1997).

Silva (1974) salienta que, em termos econômicos relativos às atividades florestais de campo, necessita-se que os métodos a serem utilizados sejam rápidos e que possuam um certo grau de precisão. O autor define a determinação rigorosa do volume como sendo aquela que pode proporcionar uma grande precisão na estimativa desse parâmetro.

Como os troncos das árvores não são perfeitamente regulares na sua forma, é habitual utilizar o seccionamento e cubá-los individualmente, minimizando, desta maneira, o erro. Assim, o volume da tora é obtido pelo somatório dos volumes parciais das secções. Conforme Finger (1992), quanto menor for o comprimento da secção, mais próximo será o volume calculado do volume real.

As possibilidades de estimar o volume de um determinado povoamento florestal, segundo Gomes (1957), dividem-se basicamente em dois grupos. O primeiro é aquele em que se estima o volume de árvores individuais, sendo conhecido como método da tabela de volume. O segundo estima o volume tomando como base a unidade de superfície,

sendo feito por tabela de produção. Para se utilizar o segundo grupo, torna-se necessário conhecer a capacidade produtiva de cada local, segundo a espécie, através do índice de sítio.

Trevizol Junior (1985), em seu estudo, avalia que, dentre os métodos de estimação do volume, o que emprega tabelas é o mais importante. O autor descreve ainda que são três os tipos de tabelas de volume: simples entrada, dupla entrada e formal. As tabelas de simples entrada exigem apenas uma variável, sendo utilizado, geralmente, o diâmetro. As de dupla entrada utilizam-se do diâmetro e da altura. E as tabelas formais requerem, além do diâmetro e da altura, o fator de forma.

Conforme Scolforo (1997a), a tabela de simples entrada é utilizada para pequenas áreas florestais, nas quais a correlação entre o diâmetro e a altura é bastante forte, ocorrendo muita homogeneidade. A tabela de dupla entrada pressupõe maior heterogeneidade no desenvolvimento da altura e do diâmetro. Esta tabela tem grande aplicação no meio florestal e pode ser obtida através de vários modelos matemáticos.

Segundo Finger (1992), Schneider (1993) e Scolforo (1997a), as tabelas de volume podem ser construídas utilizando-se equações ajustadas analiticamente por meio de regressão, através do método dos mínimos quadrados, ou ainda balanceando-se graficamente uma curva entre os volumes obtidos da cubagem rigorosa.

Chakraborti & Gaharwar (1995), em seu trabalho de estimação de volume para florestas naturais de teca na Índia, testaram as equações descritas na Tabela 1.

Das equações testadas, foram selecionadas a 2 e a 6, e destas, a equação que melhor ajustou o volume foi a de número 6, com um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) de 0,99993 e um erro padrão de estimativa ( $S_{yx}$ ) de 0,0056.

TABELA 1 - Modelos de volume para *Tectona grandis* Linn F. para florestas naturais na Índia.

1	$v = b_0 + b_1 \cdot d^2$
2	$v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2$
3	$v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot d^3$
4	$v = b_0 + b_1 \sqrt{d + b_2 \cdot (d^2)}$
5	$\sqrt{v} = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \sqrt{d}$
6	$\sqrt{v} = b_0 + b_1 \cdot d$

Onde:  $v$  = volume, em  $m^3$ ;  $d$  = diâmetro, em metros;  $b_0, b_1, b_2, b_3$  = coeficientes.

Tewari (1999) empregou a equação de volume  $v = 0,0645 + 0,2322 \cdot d^2 h$  a fim de obter as tabelas de volume para a Índia.

Moret *et al.* (1998) testou várias equações de volume para a Venezuela e obtiveram melhores ajustes nas equações:  $\ln(v) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d^2 h)$ ,  $R^2 = 0,97$  e  $(S_{yx})$  de 0,01056; e  $\ln(v) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d) + b_2 \cdot \ln(h)$ ,  $R^2 = 0,98$  e  $(S_{yx})$  de 0,01056. Com isso, os autores concluem que pode ser utilizada qualquer uma das equações.

Higuchi (1979), estudando equações de volume para teca implantada em Cáceres-MT, avaliou a equação de Spurr:  $v = b_0 + b_1 \cdot (d^2 h)$  e obteve  $R^2 = 0,96$  e  $S_{yx} = 0,008$ .

## 2.8 Relação hipsométrica

Husch *et al.* (1982), Finger (1992), Prodan *et al.* (1997) e Scolforo (1997a) consideram que a relação hipsométrica sofre influência do sítio, idade, densidade, tamanho da copa, espécie e da posição sociológica em que a árvore se encontra no povoamento, diferindo, desta maneira, para árvores de classes sociológicas diferentes. Observam ainda que, em se tratando da relação hipsométrica, há de se considerar que em povoamentos cujo sítio são bem delimitados, bem formados e conduzidos, espera-se uma forte correlação entre as variáveis altura e diâmetro, já que haverá maior homogeneidade na população considerada. 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.

Em geral, o ajuste da relação hipsométrica pode ser, dado por uma parábola de segundo grau, bem como por equações logarítmicas, dentre outras, utilizando-se, em média, de 30 a 40 alturas, distribuídas sobre a amplitude diamétrica do povoamento. A precisão da relação hipsométrica depende da estrutura e homogeneidade do povoamento, entre outros fatores. A variação total é representada pelos erros de medição, além das condições biológicas (Schneider, 1993).

Os critérios para a seleção do melhor modelo de regressão são diversos. Alguns autores usam somente uma estatística, o que pode ser perigoso, segundo Finger (1992), por não definir com certeza a viabilidade do modelo ajustado. De acordo com o autor, as estatísticas do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro padrão residual ( $S_{yx}$ ) e a análise da distribuição dos resíduos usados em conjunto possibilitam selecionar mais eficientemente um modelo de relação hipsométrica.

Mainardi (1995), em seu estudo de estruturação da produção para *Pinus taeda* L., testou 34 modelos de relação hipsométrica para a região de Cambará do Sul – RG, e obteve como melhor modelo

$\ln(h-1,30) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{(1+d)}\right)$ , com estimativas para coeficiente de determinação de 0,99 e erro padrão de estimativa de 5,28.

Schneider *et al.* (1988), para povoamentos de *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, na região de Guaíba, RS, concluíram que as melhores estimativas de altura foram obtidas através do modelo de regressão  $\frac{1}{h-1,30} = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2$ .

Zanon *et al.* (1996) descrevem como melhor modelo para relação hipsométrica de *Eucalyptus dunnii* da Depressão Central e Encosta do Sudeste do RS o seguinte:  $\ln(h-1,30) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d) + b_2 \cdot \ln^2(d)$ , com estimativas para coeficiente de determinação de 0,89 e erro padrão de estimativa de 2,52.

Jorge (1983) testou várias equações de regressão para descrever a relação hipsométrica de *Pinus elliottii* Engelm, utilizando-se de 150 árvores, compreendidas entre 20 e 40 centímetros de diâmetro à altura do peito, e selecionou o modelo:  $\frac{d^2}{h-1,30} = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot d^3$ , que

apresentou um coeficiente de determinação de 0,8977 e um erro padrão de estimativa de 3,9275.

Estudando a relação hipsométrica para *Tectona grandis* Linn F. na região de Cáceres em Mato Grosso, Higuchi (1979) selecionou o modelo  $\log(h) = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{1}{d}\right)$  para povoamentos de 6 a 8 anos, sem nenhuma intervenção silvicultural. Este modelo obteve como parâmetros estatísticos um coeficiente de determinação de 0,94 e um erro padrão de estimativa de 0,0315.

Drescher *et al.* (2001), em seu estudo de relação hipsométrica para povoamento de teca de 2 a 10 anos, em Basnorte – MT testou os modelos descritos na Tabela 2 e os autores encontraram melhor ajuste no modelo  $\frac{1}{\sqrt{h-1,30}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d} + b_2 \cdot \frac{1}{d^2}$ , que apresentou um coeficiente de

regressão ajustado igual a 0,86 e um erro padrão de estimativa de 0,017. Esses povoamentos não sofreram nenhuma intervenção silvicultural.

TABELA 2 - Modelos de relação hipsométrica testados para teca em Mato Grosso.

Número	Modelo	R <sup>2</sup> <sub>ajus</sub>	S <sub>yx</sub> %
1	$\frac{1}{\sqrt{h-1,30}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d}$	0,86	5,6
2	$\frac{1}{\sqrt{h-1,30}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d} + b_2 \cdot \frac{1}{d^2}$	0,86	5,3
3	$h = b_0 + b_1 \cdot d$	0,86	7,8
4	$\ln(h) = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d}$	0,82	8,2
5	$\ln(h-1,30) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right)$	0,86	8,2
6	$\ln(h) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d)$	0,86	7,0
7	$\ln(h-1,30) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d)$	0,86	10,3
8	$\ln(h-1,30) = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2$	0,86	10,0

Fonte: Drescher *et al.* (2001)

## 2.9 Análise de tronco

O conhecimento do crescimento passado das espécies, de acordo com Silva (1974), Barusso (1977), Silva & Paula Netto (1979) e Finger (1992), dá-se de duas maneiras: através de medições periódicas ou por análise de tronco.

A análise de tronco foi definida por Barusso (1977) como sendo a análise de certo número de secções transversais retiradas do tronco de uma árvore para determinar seu crescimento e qualidade em períodos diferentes de sua existência.

Algumas árvores formam anualmente anéis que permitem identificar seu crescimento, o qual pode ser conhecido por meio da análise de tronco. Isto é característico para as espécies florestais de regiões temperadas. O *Pinus elliottii* é uma espécie da região temperada e possui formação de camadas de madeira anuais nítidas, podendo ter seus anéis de crescimento medidos através da análise das fatias transversais do tronco em diferentes alturas (Moura, 1994).

Finger (1992) observa que a análise de tronco pode ser completa ou parcial. Quando completa, a árvore é abatida, e dela são retirados um determinado número de fatias ao longo do tronco. No segundo caso, é retirado apenas um rolo de incremento, através da técnica da verrumagem.

Barusso (1977) comentou que no começo do século XX pesquisadores de todo mundo estudavam o crescimento de espécies florestais, visando o lado histórico, e que a análise de tronco, na área florestal, apareceu como um capítulo em publicações sobre inventário florestal e dendrometria, nas quais os autores não dedicavam muita importância para esse tema. Em virtude deste fato, o autor elaborou os passos básicos para se conseguir uma análise de tronco completa, abrangendo desde a escolha da árvore que seria abatida até os resultados obtidos.

Esses passos foram assim ordenados: a) escolha da árvore a ser analisada; b) marcação da árvore; c) derrubada da árvore; d) marcação das fatias a serem extraídas do tronco; e) extração das fatias; f) transporte das fatias; g) secagem das fatias; h) marcação das fatias; i) medição das fatias; j) cálculo do DAP, área transversal, altura, volume e fator de forma, todos por idade, assim como o ICA e IMA de cada variável; m) gráficos dos resultados; l) quadro-resumo dos resultados; n) análise dos resultados.

Com a análise de tronco, pode-se, também, segundo Silva (1974), Barusso (1977) e Finger (1992), estudar o crescimento e a forma do tronco, utilizando-se de funções como auxílio.

## 2.10 Classificação dos sítios

O termo sítio é muito utilizado nos meios florestais e ambientais e refere-se à influência do ambiente sobre a produtividade do empreendimento. A definição do termo sítio pode ser encontrada em trabalhos de vários pesquisadores como Spurr (1952), que conceitua sítio como sendo a soma das condições efetivas sobre as quais uma planta ou comunidade vive.

Para Burger (1980), sítio é o conjunto de fatores ecológicos que influenciam o desenvolvimento de povoamentos florestais num determinado local, e que, sob seu ponto de vista, abrangem fatores climáticos, edáficos e biológicos.

Prodan *et al.* (1997) também faz essa relação (sítio / capacidade / qualidade), afirmando que:

“A qualidade de um sítio se define como a capacidade de uma área determinada para o crescimento de árvores. É a resposta, o desenvolvimento de uma determinada espécie, a totalidade das condições ambientais (edáficas, climáticas e bióticas) existentes em um determinado lugar”. (p 369)

Para Scolforo (1997b), a qualidade do sítio florestal é considerada como a capacidade produtiva da terra ou propriedade florestal, sendo obtida normalmente através de medições. Além disso, é considerada pelo autor como expressão integrada de todas as influências biológicas e ambientais no crescimento das árvores.

Conforme Spurr (1952), a qualidade do sítio é a soma total dos fatores edáficos, biológicos e climáticos que afetam a planta ou as plantas.

Para Schneider (1993), a tipificação da classificação de sítio se constitui numa forma de estratificação do povoamento em entidades

ecológicas com base nas características da vegetação, ou em fatores do meio, ou numa combinação destes.

Clutter *et al.* (1983) afirma que “a qualidade de sítio pode ser definida como a capacidade de um determinado local em produzir madeira de uma espécie ou povoamento florestal”.

O conhecimento da capacidade produtiva de qualquer área é condição *sine qua non* para o planejamento das atividades florestais, tais como: escolha da espécie apropriada para área, formação do povoamento e aproveitamento dos recursos florestais. Também na definição de regimes de manejo, a qualidade do sítio deve ser considerada.

Husch *et al.* (1982), quando comenta e define qualidade de sítio, afirma que ela expressa a produtividade média que uma determinada área apresenta no crescimento de árvores. Como definição de sítio, a escolhida foi a expressa pela Society of American Foresters, em 1958, e citada por Davis apud Gomes *et al.* (1997): sítio é a somatória de fatores ecológicos de uma área, com relação à capacidade de produzir florestas ou outra vegetação, ou a combinação de condições bióticas, climáticas e de solo de uma área.

Para Gomes *et al.* (1997), “a qualidade do sítio refere-se à combinação de todos os fatores biológicos e ambientais que afetam o crescimento das árvores”.

Spurr (1952) e Schneider & Silva (1979) descrevem que, para caracterizar o sítio, a altura dominante é a melhor variável a ser utilizada. Por convenção, a altura adquirida em uma determinada idade, considerada como idade índice, é denominada índice de sítio.

No ajuste dos dados de altura em função da idade, Finger (1992) em seu estudo, empregou a função não linear de Richard's (1959), sendo esta expressa por:

$$h_{100} = A \cdot \left( 1 - \exp\left(-k(t)^R\right) \right)$$

Onde:  $h_{100}$  = altura das árvores dominantes; A = valor assintótico (quando t tende ao infinito); e = base do logaritmo natural; K, R = parâmetros; t = idade.

Conforme o autor, cita-se como vantagens desta função a possibilidade de se obter uma interpretação lógica e uma maior flexibilidade, adaptando-se bem ao desenvolvimento de diferentes variáveis dendrométricas.

## 2.11 Fator de forma

O fator de forma, segundo Silva (1977) e Finger (1992), constitui-se num fator de redução do volume do cilindro para o volume real da árvore. Deve ser multiplicado pelo volume do cilindro para se obter o volume real da árvore.

Para Pressler & Kunze *apud* Prodan *et al.* (1997), o fator de forma, assim como os quocientes de forma, poderia ser real (verdadeiro) ou falso (artificial), dependendo da altura em que for medido o diâmetro do cilindro de referência, igualmente nos casos dos quocientes de forma. Dessa maneira, se o diâmetro do cilindro de referência for medido em altura relativa, igual a 10% da altura total em relação ao nível do solo, o fator de forma será denominado real ou verdadeiro e, caso seja medido a uma altura absoluta, o fator de forma será denominado falso ou artificial.

Conforme o autor, pode-se definir fator de forma pela seguinte expressão:

$$f_j = \frac{v}{W_j}$$

e,

$$v = W_j \cdot f_j = \frac{\pi}{4} \cdot d_j^2 \cdot h \cdot f_j$$

Onde:  $f_j$  = fator de forma;  $W_j$  = volume de um cilindro de diâmetro  $d_j$  e altura  $h$ ;  $d_j$  = diâmetro a uma altura  $j$ , em centímetros;  $h$  = altura total, em metros;  $j$  = altura no fuste em que se mede o diâmetro do cilindro de referência.

O índice  $j$  indica a altura no tronco onde se mede o diâmetro do cilindro de referência. De acordo com a posição de  $j$ , obtém-se o fator de forma  $f_j$ , por exemplo:

$j = 1,3$  ;  $f_j = f_{1,3}$  – fator de forma falso ou artificial;

$j = 0,1h$  ;  $f_j = f_{0,1}$  – fator de forma real ou verdadeiro;

Usualmente, o fator de forma artificial é mais usado, pois sua utilização é prática.

Silva (1977) e Prodan *et al.* (1997) citam que o fator de forma falso num povoamento depende de fatores genéricos, como a espécie, a idade do povoamento, a qualidade do sítio e a densidade do povoamento, variáveis estas difíceis de serem comprovadas, e de fatores mensuráveis, como o diâmetro, a altura, o tamanho da copa e o quociente de forma. Os fatores mensuráveis são medidos dentro do povoamento e são estatisticamente comprovados. Por isso, tanto na prática como cientificamente, o fator de forma se expressa em função destes fatores.

A determinação do fator de forma artificial ou natural se constitui numa importante prática quando se pretende estimar o volume individual de árvores. O ato de estimar o fator de forma através de regressão deve ser feito em função do diâmetro à altura do peito e da altura total (Schneider, 1993).

No estudo do fator de forma de *Pinus elliottii* Engelm, para a região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, Schneider (1993) utilizou a equação:

$$f = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{d_{0,5}}{d}\right)^2 + b_2 \cdot \left(\frac{d_{0,3}}{d}\right)^2$$

Sendo os diâmetros relativos de Hohenadl estimados através das funções:

$$\log(d_{0,3}) = b_0 + b_1 \cdot \log(d^2 h)$$

$$\log(d_{0,5}) = b_0 + b_1 \cdot \log\left(\frac{1}{d}\right)$$

Prodan *et al.* (1997), trabalhando com *Cryptomeria japônica*, demonstraram que o fator de forma tende a ficar constante em 0,43, aproximadamente, com o aumento do diâmetro e da altura.

No mesmo sentido, Schneider (1984), Schneider *et al.* (1999) e Finger (1997), trabalhando com várias espécies, encontraram a mesma tendência descrita por Prodan *et al.* (1997) em relação ao fator de forma com o diâmetro e a altura da árvore.

## 2.12 Principais sistemas de manejo e produções

Conforme Schneider (1993), quando o silvicultor controla o espaçamento de um determinado povoamento florestal, ele exerce sua influência direta em importantes critérios de qualidade da produção de madeira. Esses critérios são o tamanho dos nós, o tamanho da madeira juvenil e a tortuosidade dos troncos.

Em outro estudo, Schneider (2002) descreveu que o espaço físico se refere ao domínio da superfície ocupada por um povoamento florestal e que é importante, para obtenção da sustentabilidade, ter-se conhecimento sobre a distribuição espacial das unidades. Muitas vezes, a natureza por si só se encarrega disso e, em outros casos, o manejador deve inferir diretamente, criando uma ordem espacial.

No caso dos povoamentos de teca espalhados pelo mundo, existe uma infinidade de combinações de espaçamentos, seguindo os mais variados critérios. Dentre estes, destacam-se os descritos abaixo:

Chaturverdi (1995) destaca que, na Ásia, pode-se plantar teca num espaçamento de 1,65m x 1,65m. Na Malásia, o espaçamento mais utilizado é o 2,4m x 2,4m. No entanto, usam-se também formas variadas, desde o 2,4m x 2,7m até o 3m x 4m (Krishnapillay, 2000).

Antigamente, na Costa Rica, plantavam-se nos espaçamentos de 3m x 4m, 3,5m x 3,5m, 3m x 3,5m, para testes em diferentes sítios. De 1999 em diante, o espaçamento adotado entre plantas tem sido reduzido para 3m x 3m, embora ainda se plante em 2m x 2m e 3m x 2m, de acordo com a capacidade de suporte do sítio (Schmincke, 2000). Já a CATIE (s/d), em circular técnica para Costa Rica, sugere aos plantadores de teca um espaçamento de 3m x 2m.

Em Mato Grosso, o espaçamento mais utilizado é o 3,0m x 2,0m, de acordo com Cáceres Florestal (1997 e 2000), Rondon Neto *et al.* (1998), SAAF-MT (2001) e Finger *et al.* (2001).

Um povoamento florestal amplia seu incremento quando as árvores que o compõem crescem. Isso acontecendo, aumenta significativamente a área basal até o momento em que os indivíduos começam a competir entre si, com isso, permanecendo um número de árvores excessivo, a área basal diminui devido à alta densidade, à competição e à mortalidade, (Schneider, 1986).

Schneider *et al.* (2000) observam que essa redução em área basal total pode ocasionar, com a redução de produção fotossintética e a limitação da quantidade de água e nutrientes absorvidos por cada indivíduo, a falta de desenvolvimento do sistema radicular. Assim sendo, os desbastes permitem aumentar o espaço disponível para cada árvore, proporcionando o desenvolvimento equilibrado da copa e do sistema radicular. A aplicação de desbastes pode, em função de seu peso, acarretar na diminuição da produção total, porém tem o propósito

primordial de aumentar a produtividade comercial dos sortimentos desejados, com a elevação da dimensão das toras.

Krishnapillay (2000) afirma que o espaçamento, o número e a intensidade de desbastes afetam o crescimento e a produção do plantio, podendo-se utilizar a área basal para realizar o desbaste. Sugere ainda que no primeiro desbaste deve-se retirar o mínimo possível de árvores. O segundo é realizado quando o povoamento atingir de 20 a 22 m<sup>2</sup>/ha de área basal média. O terceiro é realizado, quando atingir de 13 a 15 m<sup>2</sup>/ha.

Segundo este mesmo autor, o número de árvores ideal para o final de rotação pode ser 300 árvores. No entanto, o autor não sugere nenhum sistema de manejo nem seus devidos desbastes até o corte final. Na Tabela 3, encontram-se algumas informações sobre o crescimento de teca aos 4 anos de idade na Malásia.

TABELA 3 – Crescimento de *Tectona grandis* Linn F. na Malásia.

Crescimento em altura	4 metros no primeiro ano
Crescimento em diâmetro	1,5 a 2,0 cm / ano
Dap em 15 anos	25 – 35 cm
Ht em 15 anos	22 – 25 m
Volume por árvore em 15 anos	0,50 m <sup>3</sup>

Fonte: Krishnapillay (2000)

De acordo com Chaturverdi (1995), em seu estudo, os desbastes para teca podem ser realizados aos 3 anos (1250 árvores remanescentes), aos 6 anos (500 árvores remanescentes), e aos 12 anos (375 árvores remanescentes), e o corte raso aos 20 anos. Acrescenta ainda que, ao se adotar um crescimento de 1,05 m<sup>3</sup> por tronco, tem-se, ao

final de 20 anos, 159,47 m<sup>3</sup>/ha. Na Índia, segundo o pesquisador, os povoamentos estão sendo conduzidos para corte final aos 80 anos, com desbastes aos 5, 10, 20, 40, 60 e 80 anos, com incremento médio anual de 1,05 m<sup>3</sup>.

No município de Santo Antônio do Leverger – MT, Schuster (1999) pesquisou e identificou que o melhor desbaste para teca na região é do tipo baixo e que a melhor intensidade de desbaste é de 40% do número de indivíduos em povoamentos com 5 anos de idade.

Na Tabela 4, estão descritos, segundo Mai (1999), alguns regimes de desbaste para teca em diversos países.

TABELA 4 – Alguns regimes de desbastes utilizados em *Tectona grandis* Linn F.

País	Rotação (anos)	Idade de Desbastes (anos)	Produção Total (m <sup>3</sup> /ha/ano)	Autores
Índia	60	5, 10, 15,20, 30	1 a 6	Subramanian <i>et al.</i> (1999)
	40	5, 8, 16, 20		
Bangladesh	40	5, 10, 15, 20, 30	3 a 6	Haque (1999)
Sri Lanka	50	8, 15, 25, 35, 50	3,8	Weerawardane (1999)
	40	6, 13, 20, 30, 40	7,5	
Vietnã	40	10, 20, 30	7,8	Nghia (1999)
Myanmar	40	7, 14, 21	5 a 8	Htwe (1999)
Costa Rica	23	4, 8, 11, 16	10,5	Ugalde & Cordero (1999)
	28	5, 9, 13, 18, 23	13,6	
Cote d'Ivoire	38	3, 6, 10, 15, 20, 27, 37	9,8	Dupuy <i>et al.</i> (1999)
	68	9, 20, 35, 55	3,4	

Fonte: Mai (1999)

A desrama tem sido feita intensamente depois de 2 anos. As árvores são podadas até 6 m de altura, com o objetivo de obter madeira de alta qualidade e livre de nós. Até hoje, o desbaste de limpeza somente é feito para eliminar plantas defeituosas, quebradas ou tortas pelo vento.

É planejado um desbaste aos 6 anos, sendo que o desbaste comercial ocorre somente aos 13 ou 15 anos (Schmincke, 2000).

Keogh (1995) observa que, em Kerala, Bangladesh e nos melhores sítios de Myanmar e Índia, plantações com 50 anos possuem altura média de 30 m e DAP de 60 cm.

Centeno (1997) acrescenta que, nos melhores sítios em Myanmar, a teca pode atingir 60 cm de DAP e uma altura de 30 m em 50 anos de idade. A rotação pode variar de 25 a 40 anos, em geral, visto que, na Ásia, a média é de 60 anos e, na América, de 20 a 30 anos. Atualmente, podem-se encontrar povoamentos de teca na América com uma rotação assemelhando-se aos da Ásia, de 80 anos. Este autor e Krishnapillay (2000) sugerem, como regra geral para teca, que ela deveria ser plantada nos melhores sítios e que o desbaste deveria ser feito quando a árvore atingisse 9,0 a 9,5 m de altura. O segundo desbaste, por sua vez, deveria ser feito quando a teca chegasse aos 17 e 18 metros.

O sistema de manejo empregado nos povoamentos na Costa Rica possui três desbastes. O primeiro desbaste é de limpeza e acontece do terceiro ao quinto ano de idade, dependendo do sítio, sendo retirados 30% a 40% do total de árvores. O segundo desbaste já é comercial e acontece aos oito anos de idade, saindo nesse desbaste 20% do total de árvores, ficando 533 árvores por hectare. Aos dezoito anos, é realizado o terceiro desbaste, deixando 250 árvores para o corte final aos trinta anos (CATIE, s/d).

A densidade ideal para plantios de teca, segundo Centeno (1997), é de 1200 a 1600 plantas por hectare. Segundo Parameswarappa (1995), o número de árvores por acre é de 102, e a produção de 28,0 m<sup>3</sup>. Em condições naturais, a teca atinge, nos bons sítios, 0,283 m<sup>3</sup>/árvore, e nos ótimos, aos 20 anos, 0,60 m<sup>3</sup>/árvore, com um número máximo de 100 árvores por acre. Nesses casos, o sistema de manejo é desbaste aos 10 e aos 15 anos, e o corte raso aos 20 anos, utilizando-se fertilizantes e irrigação.

Centeno (1997) afirma que a altura dominante e a área basal acumulada são bons parâmetros utilizados para avaliar o estoque e definir o regime de desbastes. O primeiro desbaste na teca pode ser realizado quando a área basal média atingir entre 20 e 23 m<sup>2</sup>/ha, e o segundo desbaste, com 13 e 15 m<sup>2</sup>/ha.

De acordo com o relatório da FAO (1959), em Java, a altura média aos 80 anos é de, aproximadamente, 2,4 m nos sítios inferiores e de 45 m nos sítios superiores. Já na Índia, a altura média é de 43 m. Os diâmetros, em Java, variam de 28 cm a 70 cm e, na Índia, de 25 cm a 74 cm. Comparando-se, na Tabela 5, os parâmetros de crescimento de Java e da Índia-Birmânia para altura média aos 80 anos, observa-se que são muito similares.

TABELA 5 – Comparação de parâmetros de crescimento em Java e Índia-Birmânia.

	Java	Índia-Birmanian
Altura aos 80 anos	35,9 m	36,6 m
DAP médio	54,6 cm	62,2 cm
Número de árvores	49	35
Produção final de madeira, em hectare	389 m <sup>3</sup> /ha	305 m <sup>3</sup> /ha
Desbastes acumulados, em hectare	384 m <sup>3</sup> /ha	115 m <sup>3</sup> /ha
Produção total de madeira, em hectare	783 m <sup>3</sup> /ha	462 m <sup>3</sup> /ha
Crescimento médio anual	9,8 m <sup>3</sup> /ha	5,8 m <sup>3</sup> /ha

Fonte: FAO (1959)

A idade final de rotação em povoamentos de teca irá depender da forma do fuste e do diâmetro, porém o corte final deve ficar entre 25 e 30 anos (Schmincke, 2000). Para Centeno (1997), Bhat (2000), no que tange ao tamanho de rotação, a teca pode ter rotações de 21 a 60 anos,

mantendo suas propriedades físico-mecânicas. Dessa maneira, o incremento médio anual em rotações mais curtas é quase duas vezes o de plantações com rotação aos 60 anos.

Behaghel (1999) salienta que pressupostos econômicos favorecem rotações curtas e questiona se os fustes de teca deveriam ser cortados em rotações curtas (15-20) para gerar renda de modo mais rápido, ou se deveriam ser produzidos diâmetros maiores (40-50), com possibilidade de melhores preços para os troncos.

De acordo com o relatório da FAO (1959), o turno financeiro ideal da teca foi estimado em 60 anos em Java, com DAP médio de 30 cm. Porém, nesse país, o habitual é uma rotação final entre 80 e 100 anos. Em Trinidad e Tobago, aos 6 anos, a teca possui altura de 6,75 m e, aos 20 anos (sítios bons), altura média de 21,3 m e DAP de 23 cm. Em Porto Rico, as árvores dominantes e codominantes de 16 anos atingem um DAP de 18,8 cm (sítio ruim). No sudoeste da África, fronteira com o Congo, aos 20 anos, a teca possui altura média de 22,5 m e DAP de 22,6 m. Já no norte da África, as árvores dominantes atingem cerca de 21,3 m de altura média e 20 cm de DAP, aos 20 anos. Muitos plantios de teca na África possuem rotação de 10 anos, destinados à lenha, e um incremento médio de 19 m<sup>3</sup>/ano. Na Nigéria, de acordo com dados do relatório da FAO (1985), a plantação de teca aos 12 anos atinge DAP médio de 18 cm, altura média de 17 m e área basal de 22 m<sup>2</sup>/ha.

Pandey (1992), no seu estudo de rotações pelo mundo e em vários sítios, detectou que o corte final varia dos 35 aos 80 anos, com uma idade média de 50 anos. O autor destaca que, com os modernos processos tecnológicos hoje existentes, pode-se obter um diâmetro à altura do peito de 35 cm a 45 cm, com uma rotação de 30 anos. Quanto à rotação econômica, o autor destaca que pode haver dois desbastes comerciais com uma rotação de 25 e 30 anos, sendo o primeiro desbaste comercial entre 13 e 15 anos e o segundo entre 20 e 22 anos.

Parameswarappa (1995) salienta que, em Bangladesh, a teca com 21 anos de idade teve altura média de 29,3 m e diâmetro médio de 30 cm.

O maior volume foi de 34,09 m<sup>3</sup>/acre e o menor de 8,86 m<sup>3</sup>/acre. Na Índia, em povoamentos de teca com 20 anos de idade, a altura média foi de 23,1m e o diâmetro de 28,7 cm. Em geral, a teca com 20 anos, nas tabelas de produção dos melhores sítios, atinge altura média de 23,2 m e um diâmetro de 27,2 cm.

No município de Cáceres – MT, Higuchi (1979) comparou o desenvolvimento da teca em diferentes idades e densidades de plantios, obtendo os resultados, que são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 – Desenvolvimento de *Tectona grandis* Linn F. com diferentes idades e densidades em Cáceres-MT.

Idade (Anos)	Árvores/há	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Volume Comercial (m <sup>3</sup> /Com Casca)
06	1963	24,2135	127,210
07	1689	29,6165	177,093
08	1438	28.4657	192,270

Fonte: Higuchi (1979)

Alfaro (1990) determinou a rotação da teca para a Costa Rica em 40 anos. Já Briscoe (1995), em estudos para definição do turno ótimo para a teca, em sítios ótimos da Costa Rica, definiu o melhor entre 15 e 22 anos, um DAP de 40 cm e a densidade final de 160-200 árv/ha.

Chaves & Fonseca (1991), para manejo na Colômbia, recomendam a preferência por turnos curtos, inferiores a 30 anos, e o manejo da plantação, baseado no controle da área basal, perto dos 20 m<sup>2</sup>/ha, com desbastes a cada 5 anos.

Pesquisadores estimam que a rotação da teca para o Brasil, em especial, para o Mato Grosso, encontra-se entre 20 e 25 anos (Veit, 2000; e Finger *et al.* 2001).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e caracterização dos povoamentos de teca**

##### ***Área 1***

No primeiro momento, os dados foram mensurados em fevereiro de 2000, em um experimento instalado na Fazenda Ribeirão da Estiva, no Município de Santo Antônio do Leverger, Estado de Mato Grosso, cidade esta localizada a 98 km de Cuiabá (capital do estado), conforme pode-se observar na Figura 4.

A propriedade possui 50 hectares de teca, homogêneos, implantados em janeiro de 1994, com um espaçamento inicial de 3 x 2 metros. A fazenda situa-se entre os paralelos 15°45' S e 16°00' S e entre os meridianos 55°30' W e 55°45' W, a uma altitude média de 140 metros.

##### ***Área 2***

Utilizou-se também para o estudo dados provenientes de florestas eqüiâneas, situadas na localidade da Fazenda Paraná (Figura 5), Município de Brasnorte, no Centro-Norte do Estado de Mato Grosso, sendo coletados em novembro de 1999 e em julho de 2000. A empresa Berneck e Cia possui uma área plantada de 1850 hectares de teca, formadas por povoamentos homogêneos, implantados em janeiro de 1990, 1992, 1993, 1994, 1995 e 1996, com um espaçamento inicial de 3 x 2 metros.

O sistema de manejo empregado na região não é definido e nem estudado. No entanto, os silvicultores seguem alguns sistemas descritos na literatura para América, além de algumas suposições, sem caráter científico, publicadas em revistas e informes da região. Nessas publicações, sugere-se rotação aos 25 anos, desrama até os 4 anos e regime de desbaste que visa à produção de madeira para usos múltiplos,

sendo o peso determinado com base no parâmetro número de árvores por hectare e área basal do povoamento.

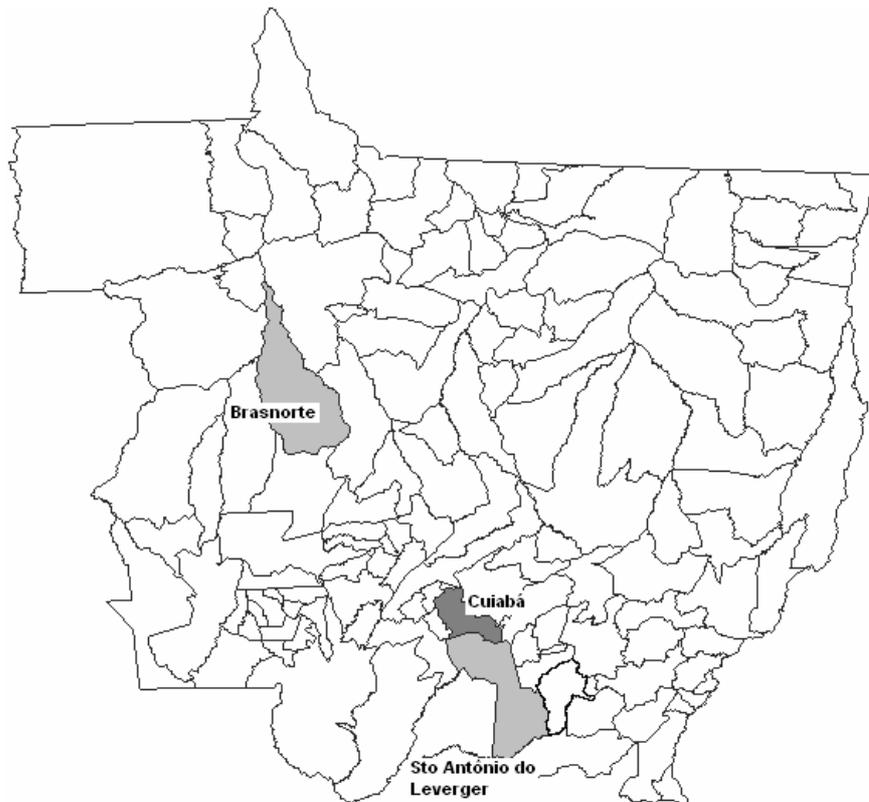


FIGURA 4 - Municípios de Santo Antônio do Leverger e Brasnorte – MT

Foram mensuradas árvores, ambas as áreas, em talhões que sofreram desramas no 1º, 2º, 3º e 4º ano do povoamento, com retirada de aproximadamente 50% da copa. Porém, estes povoamentos não tiveram desbastes.

Na Figura 6, verifica-se o povoamento de teca com 40 meses de idade e localizado na fazenda Ribeirão da Estiva, Município de Santo Antônio do Leverger-MT. Observam-se os tratos silviculturais, tais como, a aplicação da desrama em todas as árvores e a roçada de limpeza efetuada para melhor manutenção do povoamento.



FIGURA 5 – Imagem do plantio de teca com 40 meses na Fazenda Ribeirão da Estiva Município de Santo Antonio do Leverger – MT (Foto: Zenésio Finger)

### **3.2 Tipologia florestal da região**

#### ***Área 1***

De acordo com RADAMBRASIL(1982), a vegetação encontrada na região pode ser classificada como do tipo Savana Arbórea Aberta, com florestas de galeria, cujas características de formação vegetal consiste em: possuir fisionomia campestre povoada com arvoretas que atingem em média 5 metros de altura as quais são afetadas pelo fogo anualmente, com tapete gramíneo e lenhoso contínuo. Esse tipo de vegetação é

encontrado, geralmente, em áreas areníticas lixiviadas e solos concrecionários em clima tropical.

### **Área 2**

A vegetação predominante na área 2 é a floresta ombrófila aberta (floresta de transição). A fisionomia florestal é composta por árvores mais espaçadas, com estrato arbustivo pouco denso e caracterizada ora pelas fanerófitas rosuladas ora pelas lianas lenhosas. Esta Região Fitoecológica ocorre com quatro tipos florísticos que alteram a fisionomia ecológica da Floresta Ombrófila Densa, imprimindo-lhe claros, adivindo daí o nome adotado: floresta-de-palmeiras; floresta-de-bambu; a floresta-de-cipó; e a floresta-de-sororoca (IBGE, 1993).

## **3.3 Condições climáticas da região**

### **Área 1**

A região onde os povoados se encontram possui características de clima do tipo Aw, conforme Köppen. Segundo Campelo *et al.*, (1991), a temperatura é mais elevada na Baixada Cuiabana, no período entre 21/08 e 07/04, alcançando temperatura média igual ou superior a 30°C entre os períodos de 24/09 e 11/10. Entre 09/05 e 05/09, ocorrem as temperaturas médias inferiores a 20°C. A precipitação anual gira em torno de 1346,9 mm, com a umidade relativa média de 73%.

### **Área 2**

O clima da região dos plantios da Berneck é do tipo Equatorial quente e úmido, definido pela temperatura de 40°C no mês mais quente e de 4°C no mês mais frio. As chuvas estão distribuídas no período entre os meses de novembro a março, com uma precipitação anual de 2250mm. As estações são bem definidas, possuindo um período seco de três a quatro meses (Campelo *et al.*, 1991).

### 3.4 Característica geológica e geomorfológica da região

#### **Área 1**

A área do experimento se encontra na região caracterizada pelo RADAMBRASIL(1982) como Depressão do Rio Paraguai (Epi), formado por pediplano inundado, com superfície de aplanamento elaborado por processos de pediplanação, posteriormente recobertos por sedimentos quaternários. Dentro desta unidade, ocorre uma subunidade a Depressão Cuiabana, localizada na extremidade sudoeste do estado, apresentando um relevo plano, que foi modelado em litologias do Grupo Cuiabá e se apresenta encoberto por material argilo-arenoso, com ocorrências de horizontes concrecionários.

Essa área é abrangida pela formação geológica denominada Formação Pantanal (Qp). Conforme Almeida *apud* RADAMBRASIL(1982), os depósitos constituintes da formação Pantanal são pouco espessos e de natureza arenosa fina e silico-argilosos. Essa área possui cotas altimétricas variáveis de 150 a 200 m, exibindo um escoamento rápido.

#### **Área 2**

A propriedade onde foram coletados os dados está classificada e situada pelo RADAMBRASIL(1982) como sendo pertencente ao Grupo Parecis, na unidade geomorfológica Planalto dos Parecis, subunidade Chapada dos Parecis, que se constitui na mais extensa e contínua das unidades geomorfológicas da Folha SD.21 Cuiabá (Ministério do Exército).

A Chapada dos Parecis constitui-se litologicamente de arenitos do Grupo Parecis, os quais apresentam acamamento plano-paralelo, caracterizando a homogeneidade topográfica desta subunidade. Possui uma camada de sedimentos finos, recobrendo parcialmente o grupo. Essa camada compunha-se de um material concrecionário, sotoposto a um solo argilo-arenoso, cujos latossolos são vermelho-escuro. Apresenta uma

topografia suave, com relevo plano e suave ondulado (RADAMBRASIL, 1982).

### **3.5 Característica do solo**

#### ***Área 1***

O solo característico na região é do tipo Podzólico vermelho-amarelo distrófico (RADAMBRASIL, 1982). São solos minerais não hidromórficos, com horizonte B textural não plintítico, com distinta visualização dos horizontes, apresentando o horizonte A mais arenoso (leve) e o B mais argiloso (pesado), solos profundos a pouco profundos, moderadamente e bem drenados, com textura muito variável. Ocasionalmente, podem ocorrer rochas. A porosidade desse solo varia de baixa a média. A grande maioria dos Podzólicos amarelos é de baixa atividade, com saturação de bases menor que 50% (PNUD/PRODEAGRO,1995).

#### ***Área 2***

O solo característico na região é do tipo Latossolo vermelho-escuro, arenitos do Grupo Parecis e sedimentos argilo-arenosos da Cobertura Detrito-Laterítica são os principais tipos de material litológico a que estão relacionados no Estado (RADAMBRASIL, 1982).

Compreende solos minerais não hidromórficos, com horizonte B latossólico, de cores vermelho-escuras, vermelhas ou bruno-avermelhado escuras. A atração magnética é fraca ou inexistente. São solos muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média. Os solos mais oxidicos, de textura argilosa ou muito argilosa, possuem baixa densidade aparente (0,84 a 1,03 g/cm<sup>3</sup>) e porosidade muito alta ou alta, com valores variando de 62 a 70%, indicando boas condições físicas. Nos solos de textura média, a densidade aparente é maior (da ordem de 1,30 -1,34 g/cm<sup>3</sup>) e a porosidade é média, (46 a 48%) (PNUD/PRODEAGRO,1995).

### 3.6 Obtenção dos dados

Neste estudo, os dados foram provenientes de florestas equiâneas, situadas na localidade Fazenda Paraná, Município de Brasnorte, no Centro-Norte do Estado de Mato Grosso, e da Fazenda Ribeirão da Estiva, no Município de Santo Antônio do Leverger-MT. Estas florestas são formadas por povoamentos homogêneos de *Tectona grandis* Linn F., implantados em janeiro de 1990, 1992, 1993, 1994, 1995 e 1996, com um espaçamento inicial de 3 x 2 metros, no qual foram mensuradas as árvores.

Para a realização dos estudos em ambas as áreas utilizaram-se dados originários de parcelas temporárias e análise de tronco obtidos em povoamentos de 2 a 10 anos de idade, tendo como objetivo obter os parâmetros dendrométricos da população.

A área total do povoamento na Fazenda Paraná era de 1850 ha e na Fazenda Ribeirão da Estiva de 50 ha. Foram amostradas 132 parcelas temporárias na Fazenda Paraná e 30 parcelas na Ribeirão da Estiva através de inventário realizado em novembro de 1999 e de junho a agosto de 2000.

Esses plantios receberam como tratamentos silviculturais apenas a desrama, realizada nos indivíduos como forma de manter o fuste livre de galhos. Nenhum dos povoamentos em estudo sofreram desbastes, a não ser o de limpeza, comumente realizado aos 2 anos, no qual se eliminam as árvores tortas, quebradas e outras que sofreram algum tipo de dano.

#### 3.6.1 Método de amostragem

O método de amostragem empregado na coleta das informações foi aleatório e estratificado por idade. As parcelas foram instaladas de modo que povoamentos de todas as idades fossem amostrados. Assim, para cada idade, foram determinados o diâmetro de área basal média, a altura média, o número de árvores por hectare e a altura dominante.

Foram empregadas parcelas temporárias de forma retangular, com as dimensões de 30 x 20m. As locações das unidades amostrais foram realizadas sobre o mapa, através de um eixo de coordenadas, com aleatorização dos pontos na abscissa e nas ordenada.

Para medição dos diâmetros, foi utilizada uma fita dendrométrica com precisão de 0,5 cm e, para as alturas, o hipsômetro eletrônico (Vertex).

### 3.6.2 Obtenção das árvores de altura dominante

Para a determinação das árvores de altura dominante nas unidades amostrais, foi considerada aquela que representou a média das 100 árvores mais grossas por hectare, de acordo com Assmann (1961). Foram amostradas um total de 150 árvores de altura dominante nas duas áreas em estudo.

## 3.7 Relação hipsométrica

Para o estudo da relação hipsométrica, foram utilizados dados de altura e diâmetro, descritos no item 3.6.

Neste trabalho, foram mensuradas um total de 1289 árvores, distribuídas em alturas por diâmetro à altura do peito. Esses dados foram provenientes de parcela temporárias em inventário realizado nas duas áreas em estudo. Os diâmetros à altura do peito e as alturas estão representados e distribuídos por classes de 3 metros e 3 centímetros cada, respectivamente.

Os modelos utilizados neste trabalho foram os mesmos descritos e testados por Drescher *et al.* (2000) para *Pinus elliottii* na região da Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, e os testados por Drescher *et al.* (2001) em *Tectona grandis* Linn F. para o Estado de Mato Grosso. Esses modelos estão descritos na Tabela 7.

TABELA 7 - Relação de modelos hipsométricos

NÚMERO	MODELO
1	$\sqrt{h} = b_0 + b_1 \cdot d$
2	$\frac{1}{\sqrt{(h-1,30)}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d} + b_2 \cdot \frac{1}{d^2}$
3	$\sqrt{h} = b_1 \cdot d$
4	$\sqrt{h} = b_1 \cdot d + b_2 \cdot \ln^2 d$
5	$\sqrt{h} = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot \ln^2 d$
6	$(h-1,30) = b_1 \cdot d$
7	$h = b_0 + b_1 \cdot d$
8	$h = b_1 \cdot d^2$
9	$h = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot \ln^2 d$
10	$h = b_0 + b_1 \cdot \ln^2 d$

Onde: h = altura total, em metros; d = diâmetro à altura do peito, em centímetros

### 3.8 Análise de tronco

Para a análise de tronco, foi empregada a metodologia descrita por Finger (1992). Foram selecionadas as árvores dominantes ( $h_{100}$ ) através da metodologia descrita no item 3.6.2, tendo sido abatidas 15 (quinze) árvores de *Tectona grandis* Linn F.

As fatias foram coletadas em posições fixas a 0,10, 0,70 e 1,30 m, depois em distâncias de 1,0 m até a altura total. A espessura das fatias foi de aproximadamente 4 cm. Na presença de nó, os pontos amostrais no fuste foram deslocados para os entre-nós.

As alturas de medição foram anotadas em fichas de medição (Anexo 1), além da altura total da árvore.

Depois de cortadas, as fatias foram marcadas com lápis carbono azul, sendo identificados a altura de coleta no tronco e o número da árvore. As fatias foram transportadas em sacos de estopa para o local de secagem - à sombra e bem arejado - para serem lixadas e posterior medição.

A medição foi feita sobre raios marcados nas fatias. Tomaram-se quatro raios de medição perpendicularmente opostos, sendo o primeiro marcado com 45° no sentido anti-horário em relação ao maior raio da seção.

Com o auxílio de uma régua comum, de tal forma que o zero coincidissem com a medula da fatia, foi medido os anéis sobre quatro raios. Os valores de cada anel em cada raio foram anotados em Fichas de medição (Anexo 1), utilizadas para o presente estudo.

### **3.9 Sítio**

As unidades amostrais foram locadas de forma a abranger, além de todas as idades, também a variação dos diferentes sítios existentes no local.

A classificação de sítio para a *Tectona grandis* foi determinada através seguintes passos: obtenção dos dados; idade de referência; tipos de curvas; denominação das curvas; determinação da curva média (ou curva-guia); metodologia descrita por Schneider (1993).

Na determinação da capacidade produtiva, foi utilizado o método que se baseia na altura média das árvores dominantes, numa idade-índice escolhida adequadamente. Neste estudo, foi considerada a idade-índice de 10 anos como base de comparação com outros estudos realizados com teca para determinação de sítios e seus respectivos índices.

O modelo empregado neste estudo para determinação da capacidade produtiva foi o modelo biológico de Chapman-Richard's, que também foi utilizado por vários autores, como: Campos *et al.* (1985), Rosas (1994), Selle (1993), Phillips (1995), Tewari(1999), Basha(1991), Jha(1999) e Kadambi(1993).

Foi ajustado o modelo de Richard's (1959) na forma denominada monomolecular, a saber:

$$h_{100} = A \cdot (1 - \exp^{-k \cdot t})$$

Onde:  $h_{100}$  = altura das árvores dominantes de teca, em metros;  $t$  = idade, em anos;  $\exp$  = exponencial;  $A$  = valor da assíntota;  $k$  = parâmetro a ser estimado.

O modelo foi ajustado a partir dos dados obtidos pela análise de tronco para as árvores dominante da parcela para teca no pacote estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, 1996).

Depois de processados os dados, foram feitos estudos para verificar se as curvas eram monomórficas. Esse procedimento foi realizado utilizando-se as curvas de índice de sítio geradas para cada árvore com os coeficientes médios de "k" calculados e a estimativa da assíntota "Ā".

A assíntota "Ā" foi obtida pela transformação do modelo matemático sugerido por Finger (1992), do qual se conseguiu uma curva média (ou curva guia), que serviu de base para gerar as demais curvas de índice de sítio. O processo se baseia na premissa de que, na idade-índice, o valor da altura dominante é igual ao valor do índice local. O modelo é exemplificado abaixo:

$$A = \frac{S}{(1 - \exp(-k \cdot 10))}$$

Onde:  $S$  = índice de sítio (local)

### 3.10 Determinação do volume das árvores

Na obtenção dos volumes observados (162 árvores), as árvores de teca foram abatidas para posterior medição das circunferências a cada metro ao longo do fuste e a partir de 0,3 metro. As medidas da circunferência foram realizadas com auxílio de fita dendrométrica, com aproximação de 0,5 centímetros. O comprimento total do tronco foi medido com uma trena, até alcançar um diâmetro mínimo de 2 ou 3 cm com casca, e a altura total foi obtida medindo-se até a extremidade da copa ao longo do fuste.

O volume rigoroso observado de cada árvore de teca foi determinado pela aplicação sucessiva da fórmula de Smalian:

$$v = \frac{(g_1 + g_2) \cdot l_1}{2} + \frac{(g_2 + g_3) \cdot l_2}{2} + \dots + g_n \cdot l_n \cdot \frac{1}{3}$$

Onde:  $v$  = volume total do tronco, em  $m^3$ ;  $g$  = área basal da seção, em  $m^2$ ;  $l$  = comprimento das seções, em metros.

O volume do cilindro foi calculado pela equação:

$$v_c = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

Onde:  $v_c$  = volume do cilindro, em  $m^3$ ;  $d$  = diâmetro à altura do peito (Dap a 1,30m), em centímetros;  $h$  = altura da árvore, em metros.

O fator de forma artificial ( $f_{1,30}$ ) foi obtido pela razão entre o volume rigoroso, sobre o volume do cilindro, através da expressão:

$$f_{1,30} = \frac{\text{volume rigoroso}}{\text{volume do cilindro}}$$

Os dados foram computados em uma planilha do programa Excel, da Microsoft Office. As saídas resultantes desse processamento foram, entre

outras, diâmetro à altura do peito, em centímetros; altura total, em metros; e volume total da árvore de teca, em metros cúbicos; fator de forma artificial.

### **3.11 Estudo de funções de volume**

No presente trabalho, foram estimadas funções de volume local ( $v=f(d)$ ) e geral ( $v=f(d,h)$ ). Nas funções locais, a variável dependente foi o volume e a independente, o diâmetro à altura do peito. Nas gerais, além do DAP, tem-se a altura. As funções testadas para este estudo estão descritas na Tabela 8.

Neste estudo foram utilizadas um total de 162 árvores. Essas árvores foram provenientes da cubagem realizada nas duas áreas em estudo.

Foram estudados dezessete modelos de equações de volume. Destes, cinco são funções de volume local e doze são modelos de volume geral. A proporção destas equações foi baseada nas pesquisas de Prodan *et al.* (1997), os quais afirmam que os modelos de funções de volume gerais possuem aplicação mais ampla que os locais, pois a relação diâmetro / altura está explícita no modelo, facilitando seu uso para classes de idade e sítios diferentes.

O estudo dos modelos de volume possibilitou, através de métodos estatísticos, determinar o modelo que melhor se ajusta à teca e, como produto final, gerou-se a tabela de volume para *Tectona grandis* Linn F.

TABELA 8 – Modelos de volume local e geral

Nº	Modelos	Autor
1	$v = b_0 + b_1 \cdot (d \cdot h)$	
2	$v = b_0 + b_1 \cdot (d \cdot h) + b_2 \cdot \left(\frac{1}{h}\right)$	
3	$v = b_0 + b_1 \cdot (d \cdot h) + b_2 \cdot \left(\frac{1}{h}\right) + b_3 \cdot (d \cdot h)^2$	
4	$\ln(v) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d^2 \cdot h}\right)$	
5	$v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot (d \cdot h) + b_4 \cdot (d^2 h) + b_5 \cdot h$	Meyer
6	$v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot (d \cdot h) + b_4 \cdot (d^2 h)$	Meyer Mod.
7	$v = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 \cdot (d^2 h) + b_3 \cdot (d \cdot h^2) + b_4 \cdot h^2$	Naslud Mod.
8	$v = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 \cdot (d^2 h) + b_3 \cdot h$	Stoate
9	$v = b_0 + b_1 \cdot d$	Berkhout
10	$v = b_0 + b_1 \cdot (d^2 \cdot h)$	Spurr
11	$v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2$	Hohenald-Krenn
12	$v = b_0 + b_1 \cdot d^2$	Kopezky-Gehrhardt
13	$\log(v) = b_0 + b_1 \cdot \log(d) + b_2 \cdot \log^2(d) + b_3 \cdot \log(h) + b_4 \cdot \log^2(h)$	Prodan
14	$\log(v) = b_0 + b_1 \cdot \log(d) + b_2 \cdot \log(h)$	Schumacher-Hall
15	$\log(v) = b_0 + b_1 \cdot \log(d)$	Husch
16	$\log(v) = b_0 + b_1 \cdot \log(d^2 h)$	Spurr
17	$\log(v) = b_0 + b_1 \cdot \log(d) + b_2 \cdot \log\left(\frac{1}{d}\right)$	Brenac

Onde: v=volume, m<sup>3</sup>/ha; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub> e b<sub>5</sub> = coeficientes;

### 3.12 Estudo do fator de forma

No estudo do fator de forma artificial foram testadas os modelos apresentados na Tabela 9, sendo empregadas as variáveis: h – altura total, em metros; d – diâmetro altura à do peito, em centímetros; f<sub>1,3</sub> – fator

de forma artificial;  $d_{0,i}$  – diâmetros relativos de Hohenadl, na forma aritmética, logarítima, inversa, entre outras .

Na medição dos diâmetros ao longo do tronco de cada árvore, foi adotado o procedimento descrito no item 3.10.

Para realização deste estudo foram utilizadas um total de 162 árvores provenientes da cubagem realizada nas duas áreas em questão.

TABELA 9 – Modelos de fator de forma ajustados

Número	Modelo
1	$\ln(f_{1,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right)$
2	$\ln(f_{1,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right)$
3	$\ln(f_{1,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right) + b_3 \cdot \ln\left(\frac{1}{h \cdot d}\right)$
4	$\ln(f_{1,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right) + b_3 \cdot \ln(d_{0,5} \cdot d_{0,1})$
5	$\ln(f_{1,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,7}}{d^2}\right)$
6	$\ln(f_{1,3}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,7}}{d^2}\right)$
7	$f_{1,3} = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right)$
8	$f_{1,3} = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \left(\frac{d_{0,3} \cdot d_{0,7}}{d^2}\right)$
9	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left(\frac{h}{d}\right)$
10	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left(\frac{h}{d}\right) + b_2 \cdot \left(\frac{1}{h}\right)$
11	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left(\frac{h}{d}\right) + b_2 \cdot \left(\frac{1}{h}\right) + b_3 \cdot d_{0,7}$

TABELA 9 – Modelos de fator de forma ajustados (continuação)

12	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left( \frac{d_{0,1}}{d} \right)$
13	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left( \frac{d_{0,1}}{d} \right) + b_2 \cdot \left( \frac{d_{0,3} \cdot d_{0,5}}{d} \right)$
14	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left( \frac{d_{0,1}}{d} \right) + b_2 \cdot \left( \frac{d_{0,3} \cdot d_{0,5}}{d} \right) + b_3 \cdot d_{0,5}$
15	$\ln(f_{1,3}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,7}}{d^2}\right)$
16	$\ln(f_{1,3}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,7}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{h}{d}\right)$

Onde:  $h$  = altura total em metros;  $d$  = diâmetro a 1,3 m do nível médio do solo;  $d_{0,i}$  = diâmetro relativo de Hohenadl em centímetros.

### 3.13 Confeção das tabelas de produção

De posse dos dados das unidades amostrais e dos dados da análise de tronco, foram realizados os ajustes das funções, que representam o evolução do povoamento ao longo do tempo. A metodologia utilizada neste estudo foi a desenvolvida por Schneider (1993), conforme descrição abaixo.

Na confeção de tabelas de produção, houve a necessidade de se conhecer alguns parâmetros dendrométricos da população, como altura dominante ( $h_{100}$ ), altura média ( $h_m$ ), diâmetro de área basal média ( $d_g$ ), número de árvores/ha (N/ha) e fator de forma (f).

### 3.14 Altura média ( $h_m$ )

A altura média ( $h_m$ ) consiste na média aritmética de todas as alturas do povoamento:

$$h_m = \frac{1}{n} \cdot \sum h_i$$

Onde:  $h_m$  = altura média, em metros;  $h_i$  = altura da árvore “i”, em metros;  $n$  = número de árvores.

Na Tabela 10, encontram-se apresentados 8 modelos testados para estimar a altura média ( $h_m$ ), todos possuindo como variável independente a altura dominante, do mesmo modo como os modelos utilizados por Schneider(1984), Schneider(1993) e Mainardi(1995).

TABELA 10 – Modelos de altura média

Número	Modelo
1	$h_m = b_0 + b_1 \cdot h_{100} + b_2 \cdot h_{100}^2$
2	$h_m = b_0 + b_1 \cdot h_{100}$
3	$h_m^2 = b_0 + b_1 \cdot h_{100} + b_2 \cdot h_{100}^2$
4	$h_m^2 = b_1 \cdot h_{100} + b_2 \cdot h_{100}^2$
5	$h_m = b_1 \cdot \ln(h_{100}) + b_2 \cdot (\ln(h_{100}))^3$
6	$h_m = b_0 + b_1 \cdot (\ln(h_{100}))^3$
7	$h_m = b_1 \cdot (\ln(h_{100}))^3$
8	$\ln(h_m) = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_{100}) + b_2 \cdot (\ln(h_{100}))^3$

Onde:  $h_m$  = altura média em metros;  $h_{100}$  = altura dominante em metros;  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  = coeficientes.

### 3.15 Diâmetro da árvore de área basal média ( $d_g$ )

O diâmetro de área basal média ( $d_g$ ) corresponde à média aritmética das áreas transversais do povoamento. Esse diâmetro foi obtido pela seguinte fórmula:

$$d_g = \sqrt{\frac{4}{\pi} * \bar{g}} \quad \text{e} \quad \bar{g} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n g_i \right)}{n}$$

Onde:  $d_g$  = diâmetro de área basal média, em centímetros;  $\bar{g}$  = área basal média, em centímetros quadrados;  $g_i$  = área basal da i-ésima árvore, em centímetros quadrados;

Encontram-se apresentados, na Tabela 11, os modelos utilizados para estimar o diâmetro de área basal média ( $d_g$ ). Todos os modelos possuem como variável independente a altura média, conforme descrito por Schneider(1984), Schneider(1993) e Mainardi(1995).

TABELA 11 – Modelos de diâmetro de área basal média

Número	Modelo
1	$d_g = b_0 + b_1 \cdot (h_m) + b_2 \cdot (h_m^2)$
2	$d_g = b_1 \cdot (h_m) + b_2 \cdot (h_m^2)$
3	$\ln(d_g) = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_m)$
4	$\ln(d_g) = b_1 \cdot (h_m)$
5	$d_g = b_0 + b_1 \cdot (h_m) + b_2 \cdot (h_m^4)$
6	$d_g = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_m)$
7	$d_g = b_1 \cdot \ln(h_m)$
8	$d_g = b_1 \cdot \ln(h_m) + b_2 \cdot \ln(h_m^4)$
9	$\ln(d_g) = b_1 \cdot \ln(h_m) + b_2 \cdot \ln(h_m^4)$
10	$\ln(d_g) = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_m) + b_2 \cdot \ln(h_m^4)$

Onde:  $d_g$  = diâmetro de área basal média em centímetros;  $h_m$  = altura média em metros;  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  = coeficientes.

### 3.16 Número de árvores por hectare (N/ha)

Para o estudo do número de árvores por hectare utilizou-se 7 modelos de equações apresentados na Tabela 12. Os modelos utilizados para estimar o número de árvores por hectare possuem como variável independente a altura dominante.

TABELA 12 – Modelos para estimar o número de árvores por hectare.

	<b>Modelo</b>
1	$N = b_0 + b_1 \cdot (h_{100}) + b_2 \cdot (h_{100}^2)$
2	$N = b_1 \cdot (h_{100}) + b_2 \cdot (h_{100}^2)$
3	$N = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_{100})$
4	$N = b_1 \cdot \ln(h_{100})$
5	$N = b_0 + b_1 \cdot \ln^3(h_{100}) + b_2 \cdot \ln^4(h_{100})$
6	$\ln(N) = b_0 + b_1 \cdot \ln^3(h_{100}) + b_2 \cdot \ln^4(h_{100})$
7	$\ln(N) = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_{100}) + b_2 \cdot \ln^2(h_{100})$

Onde:  $h_{100}$  = altura dominante, em metros;  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  = coeficientes.

### 3.17 Área basal por hectare (G/ha)

A área basal é a expressão mais simples que existe na dendrometria e, contudo, é a de maior difusão no meio florestal. Neste estudo, a área basal por hectare foi obtida de forma muito simples e objetiva:

$$G(m^2 / ha) = \left( \frac{\pi \cdot d_g^2}{4} \right) \cdot N$$

Onde:  $G(m^2 / ha)$  = área basal em metros quadrados por hectare;  $d_g^2$  = diâmetro de área basal média em metros;  $N$  = número de árvores por hectare.

A área basal foi uma das variáveis utilizadas para determinação do volume por hectare.

### 3.18 Volume por hectare (V/ha)

O volume por hectare foi obtido através da seguinte expressão:

$$V(m^3 / ha) = G \cdot h_m \cdot f_{1,3}$$

Onde:  $V(m^3 / ha)$  = volume em metros cúbicos por hectare;  $G$  = área basal por hectare;  $h_m$  = altura média em metros;  $f_{1,3}$  = fator de forma artificial.

### 3.19 Processamento dos dados

Os processos de gravação, ordenamento e classificação dos dados foram realizados no programa estatístico Excel da Microsoft Office, além da parte gráfica e da plotagem dos resíduos. Posteriormente, utilizou-se do programa estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, 1996) para processamento dos dados e análise de regressão.

Os modelos utilizados neste estudo foram ajustados através do pacote estatístico SPSS, sendo determinados os coeficientes e as respectivas estatísticas: coeficiente de determinação ( $R^2_{ajus}$ ), o erro padrão de estimativa ( $S_{xy}$ ) e o teste F.

Os dados da medição da análise de tronco foram processados no programa ANATRO (Análise de Tronco) do Departamento de Ciências Florestais/UFSM.

Esse programa emite relatórios com informações do desenvolvimento do diâmetro, altura, volume e fator de forma ao longo do tempo, os quais foram utilizados na modelagem do sítio e do fator de forma.

### 3.20 Parâmetros de seleção do melhor modelo

Os critérios para escolha do melhor modelo obedeceram a seguinte ordem: inicialmente análise do erro padrão da estimativa relativo ( $S_{yx}\%$ ) e coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajus}$ ). Também foi incluído o teste F que ajuda na tomada de decisão (Schneider, 1997).

Análise gráfica de resíduo foi decisiva na escolha do melhor modelo, ainda que todos os estimadores de ajuste e precisão citados sejam bons indicadores. Preferiu-se neste trabalho plotar os resíduos ( $Y_{observado} - Y_{estimado}$ ) na forma relativa em função da variável dependente, pois desta maneira, foi possível verificar melhor a dimensão de super ou subestimação do valor real.

De acordo com esses parâmetros, o melhor modelo foi aquele que apresentou, de forma conjunta, menor erro padrão da estimativa relativo ( $S_{yx}\%$ ), maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajus}$ ) e não apresentou tendência dos resíduos verificado na análise gráfica.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Relação hipsométrica

Com o processamento das equações matemáticas descritas no item 3.7, foram obtidos os parâmetros estatísticos que permitiram realizar a seleção do modelo matemático que melhor ajustou os dados. Assim sendo, na Tabela 13, podem ser observados os coeficientes ( $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$ ), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajus}$ ), o erro padrão de estimativa relativo ( $S_{yx}\%$ ), a estatística F (F), a significância de cada modelo matemático (Prob>1).

TABELA 13 - Modelos, coeficientes e estatísticas para relações hipsométricas

	Modelo	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2_{aju}$	$S_{yx}\%$	F	Prob >f
1	$\sqrt{h} = b_0 + b_1 \cdot d$	1,720	0,135		0,753	7,9	3935,6	0,000
2	$\frac{1}{\sqrt{(h-1,30)}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d} + b_2 \cdot \frac{1}{d^2}$	0,190	1,297	2,108	0,899	8,0	4597,3	0,000
3	$\sqrt{h} = b_1 \cdot d$		0,276		0,972	16,9	4486,2	0,000
4	$\sqrt{h} = b_1 \cdot d + b_2 \cdot \ln^2 d$		-0,478	1,497	0,530	11,0	735,6	0,000
<b>5</b>	<b><math>\sqrt{h} = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot \ln^2 d</math></b>	<b>1,390</b>	<b>-0,063</b>	<b>0,448</b>	<b>0,901</b>	<b>4,9</b>	<b>4722,4</b>	<b>0,000</b>
6	$(h-1,30) = b_1 \cdot d$		0,842		0,975	16,5	5092,5	0,000
7	$h = b_0 + b_1 \cdot d$	1,611	0,814		0,759	14,6	4087,8	0,000
8	$h = b_1 \cdot d^2$		1,134	0,928	0,980	16,9	2109,9	0,000
9	$h = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot \ln^2 d$	1,346	-0,029	1,910	0,766	14,1	2109,9	0,000
10	$h = b_0 + b_1 \cdot \ln^2 d$	0,214	1,845		0,774	14,0	4451,7	0,000

Onde:  $b_0$ ,  $b_1$ , e  $b_2$  = coeficientes;  $R^2_{ajus}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$  = erro padrão da estimativa em porcentagem; F = valor de F da análise da variância; Prob>f = probabilidade do valor de F; valores em negrito correspondem ao modelo selecionado.

Considerando-se o fato de que as equações apresentam diferentes números de coeficientes, a análise da variação total dos dados foi realizada com base no coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajus}$ ). Observou-se que as equações apresentaram um coeficiente de determinação ajustado superior a 0,70, com exceção do modelo 4. Demonstrando que a variação total dos dados foi bem explicada por todas as equações.

A análise da dispersão entre os valores observados e estimados com o Erro padrão de estimativa em percentagem ( $S_{yx}\%$ ) mostrou o modelo 5 como o de menor valor entre os demais.

Com respeito à estatística F, este parâmetro mostrou-se bastante elevado em todos os dez modelos estudados, sendo altamente significativo.

A análise da Tabela 13 mostra os modelos 2 e 5 como potenciais para descrever a relação hipsométrica. Entretanto, adotou-se o modelo 5 para realizar a estimativa das alturas das árvores para as duas áreas e espécie em estudo, por uma ligeira superioridade do  $R^2_{ajus}$  e um menor erro padrão de estimativa.

Na Figura 6, podem ser observados os resíduos entre a altura observada e a altura estimada pelas equações 2 e 5, em função do diâmetro à altura do peito (DAP). Verifica-se, pela análise do gráfico, que a equação selecionada, modelo 5, não apresenta nenhuma tendência de superestimar ou subestimar os dados.

Foram encontrados poucos trabalhos sobre o estudo de relação hipsométrica para teca. Dentre eles, pode-se citar Higuchi (1979) e Drescher *et al.* (2001), que estudaram a relação altura x diâmetro para teca em Mato Grosso. Higuchi (1979) testou o modelo

$\log(h) = b_0 + b_1 \cdot \left( \frac{1}{dap} \right)$ , obtendo um coeficiente de correlação (r) igual a

0,94 e um erro padrão de estimativa de 0,0315.

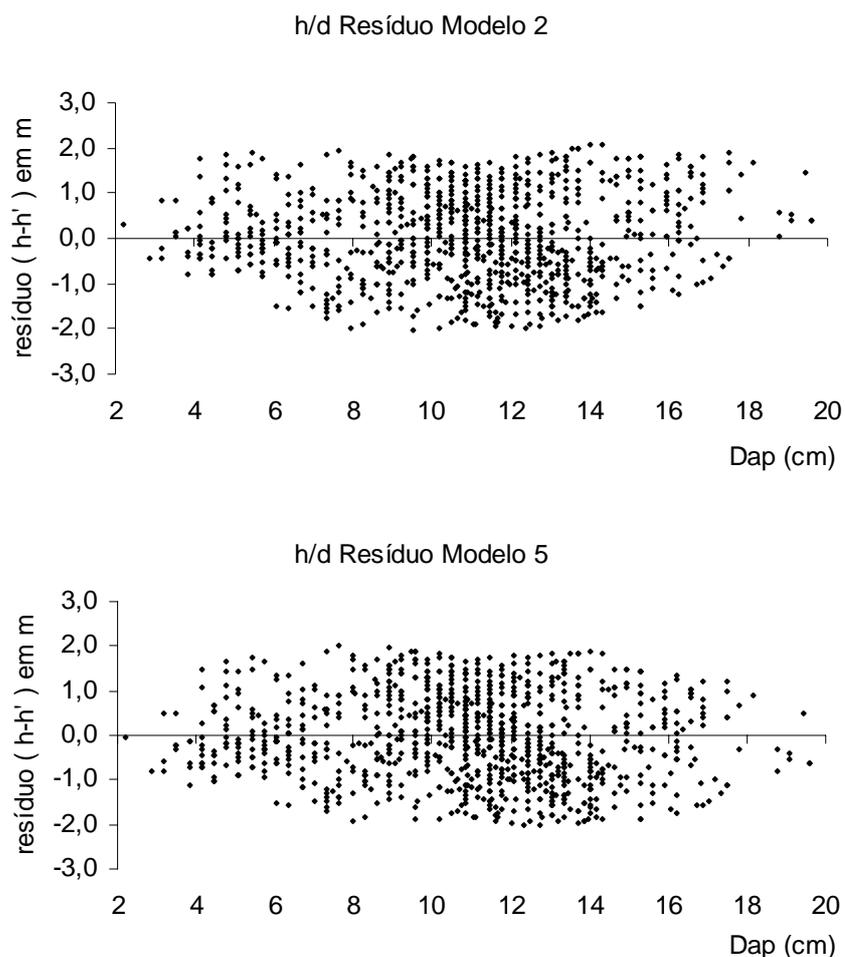


FIGURA 6 - Resíduos entre a altura observada e a altura estimada pelos modelos 2 e 5, em metros em função do Dap em centímetros.

Drescher *et al.* (2001) obtiveram, como melhor modelo de relação hipsométrica para povoamentos de teca no Centro Norte do Estado de Mato Grosso, o modelo  $\frac{1}{\sqrt{h-1,30}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d} + b_2 \cdot \frac{1}{d^2}$ , obtendo um  $R^2_{ajus}$  igual a 0,86 e um  $S_{yx}$  de 0,017. Este modelo foi testado neste estudo e encontra-se apresentado na Tabela 12(modelo 2), obtendo um  $R^2_{ajus}$  igual a 0,89 e um  $S_{yx}$  de 8,0%.

O modelo  $\sqrt{h} = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot \ln^2 d$  foi o selecionado e apresentou os melhores parâmetros estatísticos para os dados amostrados. Esse

modelo obteve um  $R^2_{ajus}$  igual a 0,9 e um  $S_{yx}$  em percentagem de 4,8%. Verifica-se que os parâmetros estatísticos e ajuste foram próximos aos citados pelos autores anteriormente.

Na Figura 7, pode ser observada a distribuição dos dados observados e a curva de alturas ajustadas pelo modelo 5, em função do diâmetro das árvores. Essa curva segue a tendência citada por Scolforo (1997a) no sentido de que representa a fase juvenil do povoamento de teca.

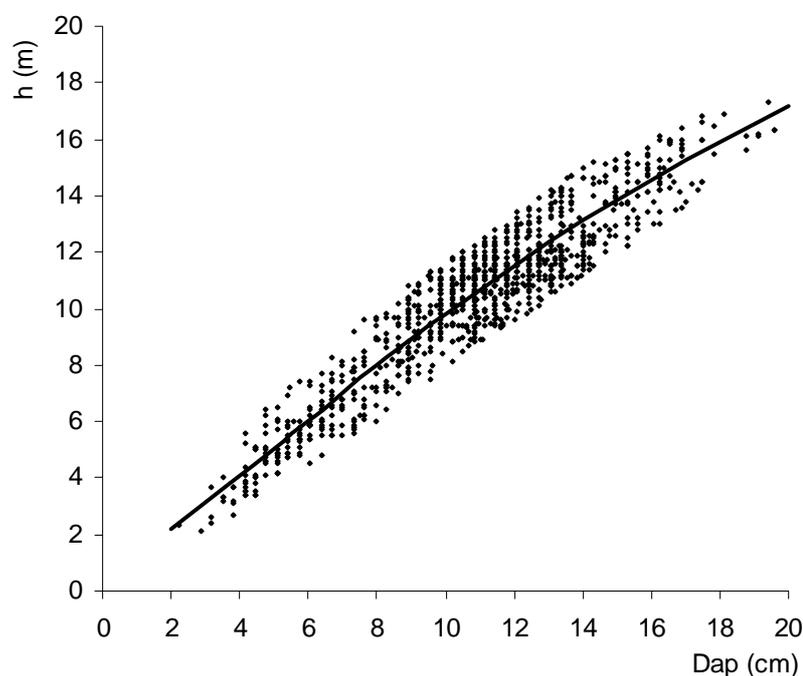


FIGURA 7 - Alturas estimadas e observadas para *Tectona grandis* Linn. F. para o Estado do Mato Grosso.

#### 4.2 Volume para *Tectona grandis* Linn F.

Os coeficientes obtidos para os modelos de equações volumétricas para teca, citados no item 3.11, além das estatísticas de ajuste para cada modelo, estão apresentados na Tabela 8.

Na Tabela 14, encontram-se os coeficientes, coeficientes de determinação ajustado, erro padrão de estimativa relativo em

percentagem, valores de F e suas probabilidades para 17 modelos de volume para as duas áreas em estudo.

TABELA 14 – Modelos de equações volumétricas e seus respectivos parâmetros estatísticos.

n°	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	R <sup>2</sup> <sub>ajus</sub>	S <sub>yx</sub> %	F	Prob>f
1	-0,0397	0,0008				0,961	14,02	3461,5	0,000
2	-0,1340	0,0009	0,8050			0,976	11,08	2814,9	0,000
3	-0,0803	0,0006	0,5110	0,00001		0,978	10,48	2101,5	0,000
4	-9,4870	-0,9120				0,981	3,45	7314,2	0,000
5	-0,0495	0,0091	-0,0004	-0,0006	0,00006	0,982	9,43	1566,0	0,000
6	-0,0138	0,0046	-0,0002	-0,0001	0,00004	0,982	9,45	1948,3	0,000
7	0,0053	0,0001	0,00002	0,00002	-0,0009	0,982	9,41	1964,4	0,000
8	-0,0018	0,00002	0,00003	0,0009		0,982	9,46	2589,2	0,000
9	-0,1220	0,0165				0,882	24,40	1049,3	0,000
10	0,0075	0,00003				0,982	9,47	7754,3	0,000
11	0,0404	0,0093	0,0009			0,940	17,36	1104,5	0,000
12	-0,0195	0,0006				0,933	18,35	1963,4	0,000
13	-4,2220	1,7790	0,0002	1,1260	-0,0701	0,981	3,48	1801,7	0,000
<b>14</b>	<b>-4,141</b>	<b>1,7810</b>	<b>0,9740</b>			<b>0,981</b>	<b>3,45</b>	<b>3654,71</b>	<b>0,000</b>
15	-3,7400	2,3800				0,952	5,49	2806,7	0,000
<b>16</b>	<b>-4,1200</b>	<b>0,9120</b>				<b>0,981</b>	<b>3,51</b>	<b>7314,2</b>	<b>0,000</b>
17	-3,7400	-2,3800				0,952	5,49	2806,7	0,000

Onde: b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> e b<sub>4</sub> = coeficientes; R<sup>2</sup><sub>ajus</sub> = coeficiente de determinação ajustado; S<sub>yx</sub>% = erro padrão da estimativa em percentagem; F = valor de F; Prob>f = probabilidade do valor de F; valores em negrito correspondem ao modelo selecionado.

Nota-se, na Tabela 14, que os modelos apresentaram um coeficiente de determinação ajustado superior a 0,90. Isso demonstra que a variação total dos dados foi bem explicada por todos os modelos.

Os maiores erros padrão de estimativa relativo encontram-se nos modelos 9, 12, 11 e 1, respectivamente, 24, 18, 17 e 14%.

A equação volumétrica número 14 apresentou um erro padrão de estimativa relativo de 3,4%, inferior às demais, indicando que esta apresenta uma menor dispersão entre os valores observados e estimados.

Em se tratando da estatística F, esse parâmetro se mostrou bastante elevado em todas as equações.

Assim, segundo os critérios de seleção as equações de volume de número 14 e 16, entre outras, podem ser utilizadas, para descrever o volume. Neste estudo, foi utilizado o modelo de equação 14 a fim de realizar a estimativa do volume das árvores para a teca em Mato Grosso, devido a uma ligeira inferioridade do erro padrão de estimativa relativo em relação aos outros modelos.

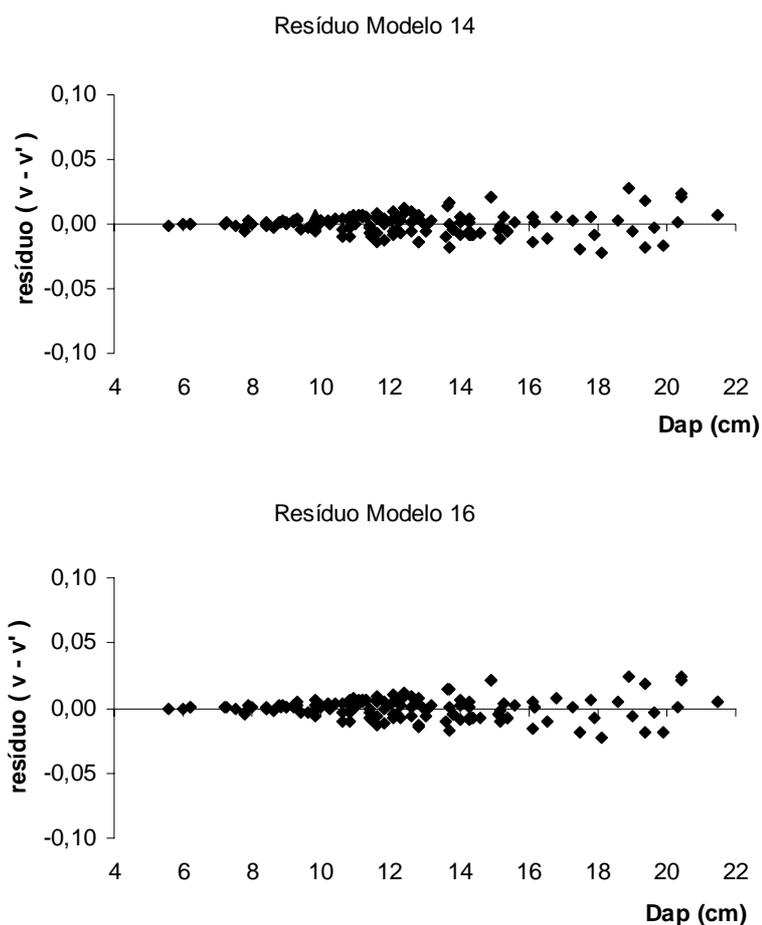


FIGURA 8 - Resíduos entre o volume cubado e o volume estimado pelas equações 14 e 16, em metros cúbicos.

Na Figura 8, pode-se verificar os resíduos dos modelos volumétricos 14 e 16. Observa-se, pela análise do gráfico, que estes apresentam uma boa distribuição dos resíduos, que a equação selecionada, modelo 16, não apresenta tendências de estimativas sendo a amplitude da dispersão dos resíduos menor que  $0,05 \text{ m}^3$ .

Para este mesmo objetivo, Higuchi (1979) testou a equação volumétrica  $v = b_0 + b_1 \cdot (d^2 \cdot h)$  para teca na região de Cáceres e obteve como parâmetros estatísticos um coeficiente de correlação ( $r$ ) igual a 0,96 e um erro padrão de estimativa de 0,0160. Esse mesmo modelo volumétrico foi testado por Tewari (1999) para obter as tabelas de volume para a Índia (item 2.7).

Neste estudo (modelo 11 da Tabela 8), porém, o referido modelo não teve o mesmo desempenho, principalmente quanto ao erro padrão de estimativa, apresentando como parâmetros estatísticos para os dados amostrados um  $R^2_{\text{ajus}}$  igual a 0,96 e um  $S_{yx}$ , de 14.86%. Por isto neste estudo, esse modelo foi rejeitado.

Da mesma forma, Moret *et al.* (1998) testaram várias equações de volume para a Venezuela e obtiveram melhores ajustes para as equações:  $\ln(v) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d^2 \cdot h)$ ,  $R^2 = 0,98$  e  $S_{yx}$  de 0,01056; e  $\ln(v) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d) + b_2 \cdot \ln(h)$ ,  $R^2 = 0,98$  e  $S_{yx}$  de 0,1056. Também foi testada, neste estudo, uma variação dos modelos 16 e 14, os quais se encontram na Tabela 8. No presente estudo, ambos os modelos apresentaram bom ajuste aos dados amostrados, porém foram rejeitados em detrimento do modelo 14.

Já Chakraborti & Gaharwar (1995), em seu trabalho de volume para florestas naturais de teca na Índia, avaliaram as equações descritas na Tabela 1 do item 2.7. Das equações testadas pelo autor, a de número 2 e a número 6 foram selecionadas. Destas, a equação que melhor ajustou o volume foi a de número 6, com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,99993 e um erro padrão de estimativa ( $S_{yx}$ ) de 0,0056. Essa equação não foi estudada, pois a variável dependente volume foi pelo autor

transformada em  $\sqrt{v}$ , para então ser empregada nos seus estudos na floresta natural da Índia.

Através da análise dos parâmetros estatísticos para os dados amostrados,  $\log(v) = b_0 + b_1 \cdot \log(d) + b_2 \cdot \log(h)$  foi o modelo selecionado neste trabalho e obteve um  $R^2_{ajus}$  igual a 0,98 e um  $S_{yx}$ , em percentagem, de 3,4%.

Selecionado a equação volumétrica 14, foi possível confeccionar a Tabela 15, de dupla entrada, para *Tectona grandis* Linn F. para o Mato Grosso. Os volumes estimados pelo modelo e impressos na Tabela 15 foram semelhantes aos descritos por Higuchi (1979) para a região da grande Cáceres – MT.

TABELA 15 – Tabela de volume total com casca para *Tectona grandis* L. F. para o Estado de Mato Grosso

Dap (cm)	Altura (m)													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
8	0,0168	0,0195	0,0222	0,0249	0,0276	0,0303	0,0330	0,0357	0,0383	0,0410	0,0437	0,0463	0,0490	0,0516
9	0,0207	0,0241	0,0274	0,0308	0,0341	0,0374	0,0407	0,0440	0,0473	0,0506	0,0539	0,0571	0,0604	0,0637
10	0,0250	0,0290	0,0331	0,0371	0,0411	0,0451	0,0491	0,0531	0,0571	0,0610	0,0650	0,0689	0,0729	0,0768
11	0,0296	0,0344	0,0392	0,0440	0,0487	0,0535	0,0582	0,0629	0,0676	0,0723	0,0770	0,0817	0,0864	0,0910
12	0,0346	0,0402	0,0458	0,0513	0,0569	0,0624	0,0679	0,0735	0,0789	0,0844	0,0899	0,0954	0,1008	0,1063
13	0,0399	0,0464	0,0528	0,0592	0,0656	0,0720	0,0784	0,0847	0,0910	0,0974	0,1037	0,1100	0,1163	0,1226
14	0,0455	0,0529	0,0602	0,0676	0,0749	0,0821	0,0894	0,0967	0,1039	0,1111	0,1183	0,1255	0,1327	0,1399
15	0,0515	0,0598	0,0681	0,0764	0,0846	0,0929	0,1011	0,1093	0,1175	0,1256	0,1338	0,1419	0,1501	0,1582
16	0,0577	0,0671	0,0764	0,0857	0,0950	0,1042	0,1134	0,1226	0,1318	0,1409	0,1501	0,1592	0,1683	0,1774
17	0,0643	0,0747	0,0851	0,0955	0,1058	0,1161	0,1263	0,1366	0,1468	0,1570	0,1672	0,1774	0,1875	0,1977
18	0,0712	0,0827	0,0942	0,1057	0,1171	0,1285	0,1399	0,1512	0,1625	0,1738	0,1851	0,1964	0,2076	0,2188
19	0,0784	0,0911	0,1038	0,1164	0,1290	0,1415	0,1540	0,1665	0,1790	0,1914	0,2038	0,2162	0,2286	0,2410
20	0,0859	0,0998	0,1137	0,1275	0,1413	0,1550	0,1688	0,1824	0,1961	0,2097	0,2233	0,2369	0,2505	0,2640
21	0,0937	0,1089	0,1240	0,1391	0,1541	0,1691	0,1841	0,1990	0,2139	0,2288	0,2436	0,2584	0,2732	0,2880
22	0,1018	0,1183	0,1347	0,1511	0,1674	0,1837	0,2000	0,2162	0,2324	0,2485	0,2646	0,2807	0,2968	0,3129

Observação: Células hachuradas correspondem à abrangência dos dados observados

### 4.3 Fator de Forma

A análise estatística para cada um dos 16 modelos de fator de forma artificial apresentados na Tabela 9 foi relacionada na Tabela 16.

Nesta tabela, pode-se observar que todos os modelos testados obtiveram um baixo erro padrão de estimativa relativo ( $S_{yx}\%$ ) e um alto coeficiente de determinação ( $R^2_{ajus}$ ). Observa-se que o  $R^2_{ajus}$  foi superior a 0,7, com exceção do modelo 1. Em geral, esse valor coincide com aqueles encontrados na literatura florestal para equações de fator de forma artificial para várias espécies. No entanto, não foram encontrados trabalhos relacionados a estudo de fator de forma para *Tectona grandis* Linn F. em sua região de origem, nem nos países onde essa espécie foi implantada e, muito menos, no Brasil.

Os fatores de forma utilizados nos cálculos de volume e produção são obtidos pela razão do volume do cilindro com diâmetro a 1,30 metros de altura pelo volume cubado ou, em alguns casos, volume estimado por modelos de equações volumétricas. Daí a dificuldade em comparar os valores obtidos no presente trabalho.

Os modelos 1, 2, 7 (Tabela 16) foram os que apresentaram menores coeficientes de determinação, respectivamente 0,659, 0,720 e 0,727. Os erros padrão de estimativa, em percentagem, para os três modelos foram de 10,61, 9,63 e 9,6, respectivamente. No entanto, os modelos que apresentaram os maiores erros padrão de estimativa foram os modelos 12 e 9, onde o  $S_{yx}$ , em percentagem, foi de 19,91 e 17,0. Esses modelos foram rejeitados e não são recomendados para estimar fator de forma artificial para teca.

Observando os modelos 9 e 10 (Tabela 16), em comparação com os demais modelos estudados, pode-se verificar que as variáveis independentes diâmetro à altura do peito (d) e altura total (h), quando transformadas em seu inverso ou na razão (h/d), foram melhore

associadas com o fator de forma artificial, porém apresentaram os mais altos erros padrão de estimativa 17,0 e 12,66%, respectivamente.

Na Tabela 16, pode-se verificar que os modelos 3, 7, 8 e 11 foram aqueles que apresentaram os melhores indicadores de precisão e ajuste em relação ao erro padrão de estimativa.

TABELA 16 – Coeficientes e estatísticas dos modelos de fator de forma artificial ajustados.

	<b>b<sub>0</sub></b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>b<sub>3</sub></b>	<b>R<sup>2</sup><sub>ajus</sub></b>	<b>S<sub>yx</sub>%</b>	<b>F</b>	<b>Prob&gt;f</b>
1	0,167	0,294			0,659	10,61	303,13	0,000
2	0,333	0,584	-0,283		0,720	9,63	201,18	0,000
<b>3</b>	<b>0,774</b>	<b>0,697</b>	<b>-0,647</b>	<b>0,199</b>	<b>0,800</b>	<b>8,13</b>	<b>209,21</b>	<b>0,000</b>
4	0,501	0,667	-0,422	0,056	0,757	8,96	163,08	0,000
5	0,162	0,097	0,264		0,689	10,21	170,31	0,000
6		0,100	0,207		0,987	10,57	6094,76	0,000
7	0,348	2,721			0,727	9,60	430,51	0,000
8	0,369	2,953	-0,035		0,743	9,32	233,97	0,000
9		0,500			0,976	17,00	6451,93	0,000
10		0,275	2,592		0,986	12,66	5875,83	0,000
11		0,204	2,689	0,013	0,991	10,16	6110,39	0,000
12		0,454			0,966	19,91	4660,68	0,000
13		0,591	-0,013		0,983	14,29	4599,61	0,000
14		0,553	-0,025	0,024	0,990	11,12	5100,75	0,000
15		0,205			0,982	12,59	8678,41	0,000
16		0,205	0,182		0,984	11,85	4908,78	0,000

Onde:  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  e  $b_3$  = coeficientes;  $R^2_{ajus}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$  = erro padrão da estimativa relativo; F = valor de F; valores em negrito correspondem ao modelo selecionado.

A equação 3 possui quatro coeficientes e se utiliza das variáveis independentes diâmetro à altura do peito (d),  $d_{0,1}$  e  $d_{0,5}$  (diâmetros relativos de Hohenadl), além da altura, para descrever o fator de forma artificial. Essa equação apresentou um  $R^2_{ajus}$  de 0,80 e um  $S_{yx}$  de 8,13%, o que é considerado um bom ajuste.

A análise dos resíduos permitiu verificar o ajuste da equação ao longo de toda amplitude dos dados observados. Isto pode ser visto na Figura 9, onde se encontra a distribuição dos resíduos dos modelos 3 e 11, respectivamente. Nessa figura observa-se, também, o bom ajuste desses dois modelos para os dados estudados.

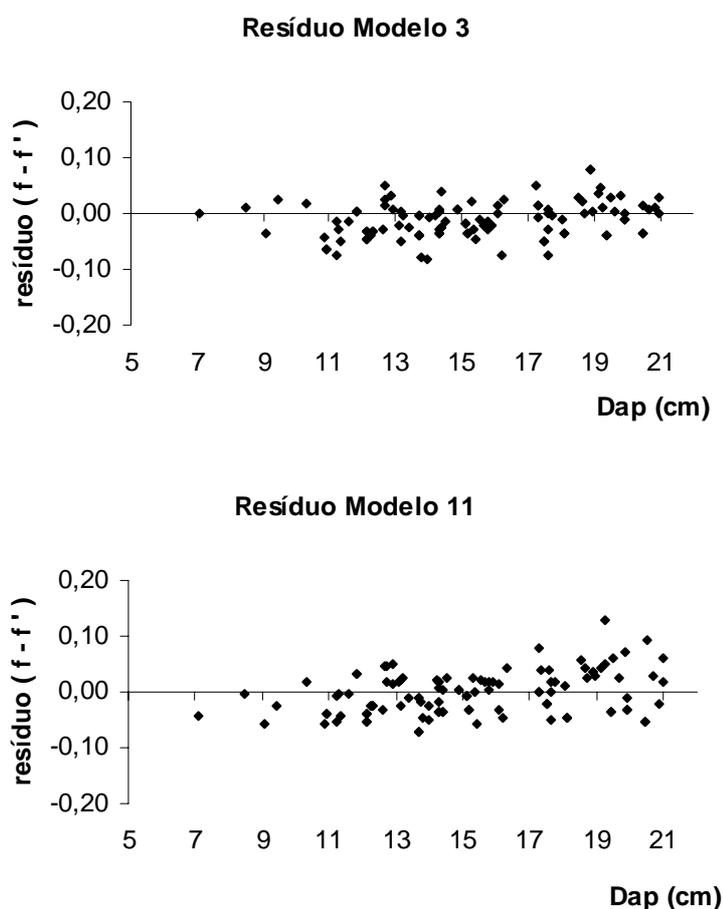


FIGURA 9 – Distribuição dos resíduos (modelo 3 e 11) de fator de forma artificial

Observa-se, pela análise dos gráficos, que os modelos selecionados, 3 e 11, não apresentaram nenhuma tendência de superestimar ou subestimar os dados e que a amplitude da dispersão dos resíduos não ultrapassou 0,20.

Através da análise gráfica dos resíduos (Figura 9) e dos parâmetros estatísticos apresentados na Tabela 17, verificou-se que a equação de

fator de forma artificial de número 3 foi a que apresentou melhor ajuste gráfico dos resíduos, menor erro padrão de estimativa (8,13%) e um coeficiente de determinação de 0,800. A equação de número 8 também apresentou um bom ajuste, apenas obteve um  $r^2_{ajus}$  menor que a equação 3. Assim, o modelo de fator de forma artificial 3 foi o selecionado para o presente estudo, sendo expresso por:

$$\ln(f_{1,3}) = 0,774 + 0,697 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) - 0,647 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right) + 0,199 \cdot \ln\left(\frac{1}{h \cdot d}\right)$$

Onde:  $f_{1,3}$  = fator de forma artificial;  $d_{0,1}$  e  $d_{0,5}$  = diâmetros relativos de Hohenadl, em centímetros;  $d$  = diâmetro à altura do peito (DAP), em centímetros; e  $h$  = altura em metros.

Os diâmetros relativos de Hohenadl  $d_{0,1}$  e  $d_{0,5}$  foram estimados indiretamente através das equações apresentadas nas Tabelas 17 e 18:

TABELA 17 – Coeficientes e estatísticas para os modelos de  $d_{0,1}$

n°	Modelos	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2_{ajus}$	$S_{yx}\%$	F	Prob>f
1	$\ln(d_{0,1}) = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot \left(\frac{h}{d}\right)$	2,308	0,058	-0,459	0,792	5,61	298,6	0,00
2	$\ln(d_{0,1}) = b_1 \cdot d + b_2 \cdot \left(\frac{h}{d}\right)$		0,251	-0,006	0,985	9,43	5140,8	0,00
3	$\ln(d_{0,1}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{h}{d^2}\right)$	1,065	-0,607		0,794	5,59	602,4	0,00
<b>4</b>	$\ln(d_{0,1}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{h}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln(h)$	<b>0,753</b>	<b>-0,535</b>	<b>0,199</b>	<b>0,803</b>	<b>5,46</b>	<b>319,7</b>	<b>0,00</b>
5	$\ln(d_{0,1}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right)$		-1,039		0,996	6,08	4309,7	0,00

Onde:  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  = coeficientes;  $R^2_{ajus}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$  = erro padrão da estimativa relativo; F = valor de F; valores em negrito correspondem ao modelo selecionado.

TABELA 18 - Coeficientes e estatísticas para os modelos de  $d_{0,5}$  ajustados

n°	Modelos	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2_{aju}$	$S_{yx}\%$	F	Prob >f
1	$\ln(d_{0,5}) = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot (h \cdot d)$	0,898	0,108	-0,001	0,740	6,05	223,3	0,00
2	$\ln(d_{0,5}) = b_1 \cdot d + b_2 \cdot (h \cdot d)$		0,251	-0,007	0,985	8,16	5140,8	0,00
3	$\ln(d_{0,5}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right)$	-0,413	-0,999		0,769	5,70	521,7	0,00
4	$\ln(d_{0,5}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right)$		-0,833		0,992	5,95	19471,5	0,00
5	$\ln(d_{0,5}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{h \cdot d}\right)$		-1,299	0,234	0,992	5,83	10134,0	0,00
6	$\ln(d_{0,5}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right)$		<b>-1,066</b>	<b>0,234</b>	<b>0,992</b>	<b>5,83</b>	<b>10134,0</b>	<b>0,00</b>
7	$\ln(d_{0,5}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right)$	-0,417	-0,996	-0,005	0,768	5,72	259,2	0,00

Onde:  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  = coeficientes;  $R^2_{ajus}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$  = erro padrão da estimativa relativo; F = valor de F; valores em negrito correspondem ao modelo selecionado.

A equação de  $d_{0,1}$  que apresentou os melhores parâmetros estatísticos corresponde ao modelo de número 4 (Tabela 17), no qual se obteve o menor erro padrão de estimativa de 5,46%, um coeficiente de determinação de 0,803.

Para  $d_{0,5}$ , o modelo selecionado foi o de número 6, apresentado na Tabela 18. Esse modelo apresentou um  $S_{yx}$  igual a 5,83% e um  $R^2_{ajus}$  de 0,992.

De posse do modelo de fator de forma artificial e das equações de diâmetros relativos  $d_{0,1}$  e  $d_{0,5}$ , foi determinado o fator de forma artificial para *Tectona grandis* Linn F. para Mato Grosso (Tabela 19).

Observa-se na Tabela 19 que, em árvores com diâmetro inferiores a 5 cm, os fatores de forma são menores que 0,7. Esses fatores de forma diminuem com o aumento do diâmetro até permanecerem aproximadamente constantes nos maiores diâmetros.

Essa mesma tendência, apresentada na Tabela 19, foi encontrada por Higuchi (1979) em seu estudo. O autor utilizou o fator de forma obtido da razão do volume estimado pela equação volumétrica sobre o volume do cilindro.

TABELA 19 – Tabela de fator de forma artificial para *Tectona grandis* Linn F.

Dap (cm)	Altura (m)												
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6	0,6443	0,6319	0,6213	0,6119	0,6035	0,5959	0,5891	0,5828	0,5770	0,5716	0,5666	0,5620	0,5576
7	0,6201	0,6082	0,5979	0,5889	0,5808	0,5735	0,5669	0,5609	0,5553	0,5502	0,5454	0,5409	0,5366
8	0,5998	0,5884	0,5784	0,5697	0,5619	0,5548	0,5485	0,5426	0,5372	0,5322	0,5276	0,5232	0,5191
9	0,5826	0,5714	0,5618	0,5533	0,5457	0,5389	0,5326	0,5270	0,5217	0,5169	0,5124	0,5081	0,5042
10	0,5675	0,5567	0,5473	0,5390	0,5316	0,5249	0,5189	0,5134	0,5083	0,5035	0,4991	0,4950	0,4912
11	0,5542	0,5436	0,5345	0,5264	0,5192	0,5127	0,5068	0,5014	0,4964	0,4918	0,4875	0,4834	0,4797
12	0,5424	0,5320	0,5230	0,5151	0,5081	0,5017	0,4959	0,4906	0,4858	0,4812	0,4770	0,4731	0,4694
13	0,5317	0,5216	0,5127	0,5050	0,4981	0,4918	0,4862	0,4810	0,4762	0,4718	0,4677	0,4638	0,4602
14	0,5220	0,5120	0,5034	0,4958	0,4890	0,4829	0,4773	0,4722	0,4675	0,4632	0,4591	0,4553	0,4518
15	0,5132	0,5033	0,4948	0,4874	0,4807	0,4747	0,4692	0,4642	0,4596	0,4553	0,4513	0,4476	0,4441
16	0,5050	0,4953	0,4870	0,4796	0,4730	0,4671	0,4617	0,4568	0,4523	0,4481	0,4442	0,4405	0,4371
17	0,4975	0,4879	0,4797	0,4724	0,4660	0,4601	0,4548	0,4500	0,4455	0,4414	0,4375	0,4339	0,4305
18	0,4905	0,4811	0,4729	0,4658	0,4594	0,4537	0,4484	0,4436	0,4392	0,4352	0,4314	0,4278	0,4245
19	0,4839	0,4747	0,4666	0,4596	0,4533	0,4476	0,4425	0,4377	0,4334	0,4294	0,4256	0,4221	0,4188
20	0,4778	0,4686	0,4607	0,4538	0,4475	0,4419	0,4369	0,4322	0,4279	0,4239	0,4202	0,4168	0,4135
21	0,4720	0,4630	0,4552	0,4483	0,4422	0,4366	0,4316	0,4270	0,4227	0,4188	0,4152	0,4117	0,4085
22	0,4666	0,4577	0,4500	0,4431	0,4371	0,4316	0,4266	0,4221	0,4179	0,4140	0,4104	0,4070	0,4038

Observação: Células hachuradas correspondem à abrangência dos dados observados

#### 4.4 Análise de tronco

Neste estudo, a análise de tronco foi utilizada para avaliar o desenvolvimento passado das árvores de *Tectona grandis* Linn F., desde o plantio até o momento da avaliação. Através do auxílio de programas de computador ANATRO, foram obtidos, para cada árvore de teca, o diâmetro à altura do peito, a área basal, a altura, o fator de forma comum e o volume em cada idade.

Analisando macroscopicamente a secção transversal dos discos de teca, obtidos da base do fuste das 15 árvores, pode-se verificar que a teca possui anéis de crescimento visíveis a olho nu. Isto também foi comprovado por Cardoso (1991), onde determinou que as idades das árvores de teca podem ser realizadas através da análise de tronco e associação com as faixas de parênquimas longitudinais inicialmente formados. A coincidência entre as posições das faixas de parênquimas iniciais permite concluir que os anéis são formados anualmente.

O perfil longitudinal de uma árvore modelo da área 1 (Brasteca) e da área 2 (Berneck) estão apresentados na Figura 10.

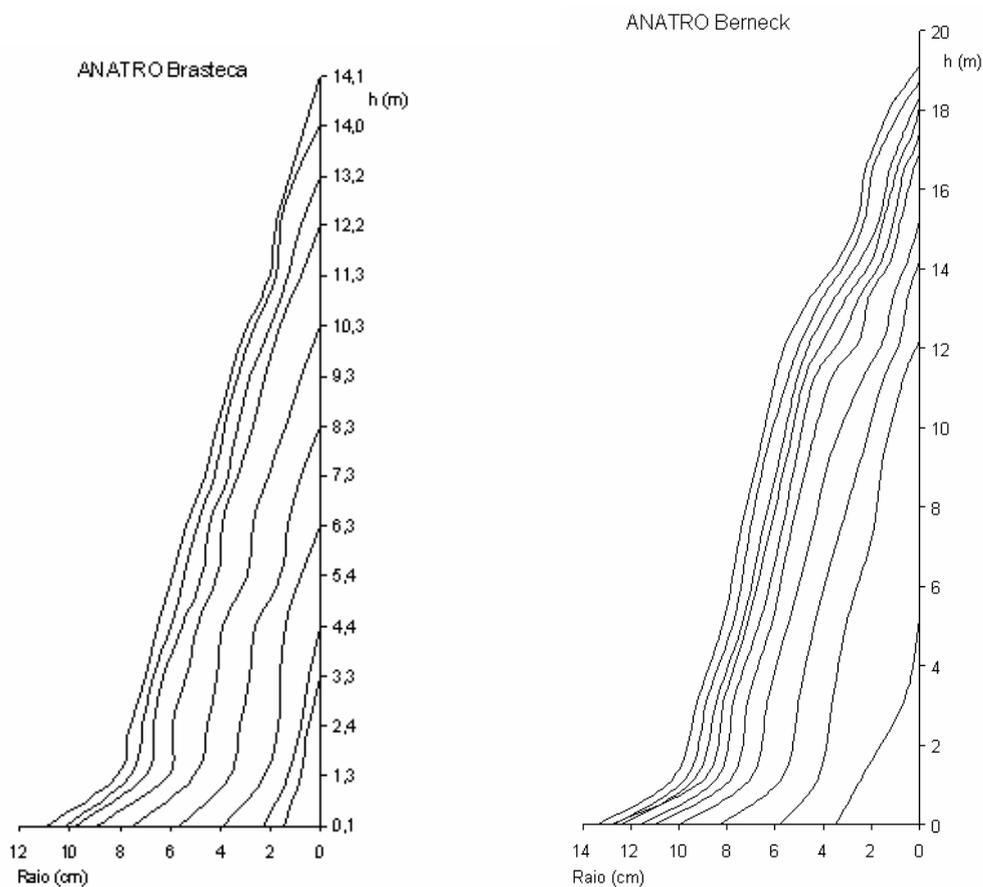


FIGURA 10 – Perfil longitudinal de duas árvores dominante

Nos dados observados, foram contados dez anéis de crescimento, na área 2 (Berneck) e oito na área 1 (Brasteca), correspondendo à idade das

árvores e, conseqüentemente, do povoamento, que é comprovada pela data de implantação.

Analisando a Figura 10, pode-se observar no perfil longitudinal da árvore da Berneck que a teca possui um elevado crescimento inicial até os 5 anos, idade, na qual o incremento em diâmetro ultrapassa a casa dos dois centímetros. Esta mesma tendência não pode ser observada no perfil longitudinal da árvore da árvore da Brasteca, onde o incremento é inferior. Depois do quinto ano o incremento diminui e fica na casa dos 4,0 mm em ambos os casos. Essa mesma tendência de crescimento foi encontrada por Higuchi (1979), para a região de Cáceres – MT, e por Cardoso (1991), para Usina Tamoio, Araraquara – SP.

#### **4.5 Classificação de Sítio**

Conforme Burger (1980), o principal objetivo da classificação de sítio é ordenar os povoamentos em grupos da mesma espécie e sujeitos ao mesmo tratamento, de forma que, neste trabalho, o desenvolvimento dos povoamentos de teca na rotação seja igual ou pelo menos semelhante. Assim sendo, conhecendo a que grupo pertence um povoamento de teca, consegue-se projetar o seu desenvolvimento até a rotação final.

Neste estudo, o ajuste do modelo de Richard's (1959) com 2 parâmetros foi efetuado através do programa estatístico SPSS, na rotina para análise de regressão não linear com pares de dados obtidos da análise de tronco para as quinze árvores amostradas. Os resultados para o modelo de Richard's (1959) com 2 coeficientes estão representados na Tabela 20 da análise de variância.

Este modelo apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 0,6924, explicando 70% da variação total pela regressão, e um erro padrão da estimativa de 9,5%.

TABELA 20 – Análise de variância para equação de Richard's (1959) em árvores de *Tectona grandis* Linn F.

	<b>Graus de Liberdade</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	2	11026,36033	5513,18016	4786,162
<b>Resíduo</b>	105	120,94967	1,15190	
<b>Total</b>	107	11147,31000		

E, por se tratar de outros objetivos, no presente trabalho, não foi investigado nenhum teste de validação de modelos, considerando-se, portanto, o modelo de Richard's (1959) como adequado à prognose das florestas de teca em questão.

Esta equação ajustada para estimar a altura dominante foi representada por:

$$h_{100} = 19,046575 \left( 1 - \exp^{(-0,18667(t))} \right)$$

Onde:  $h_{100}$  = altura dominante; exp = base do logaritmo natural; t = idade.

De posse destes dados, foram geradas curvas de índice de sítio do tipo anamórficas, utilizando-se os coeficientes médios das árvores estudadas. Os valores da assíntota "A" foram obtidos para cobrirem uma amplitude de índice de sítio de 10 a 20, com intervalos de índice de 2 metros na idade de referência de 10 anos pela transformação da função, de acordo com o exposto no item 3.9:

$$A = \frac{S}{(1 - \exp(-0,1867 \cdot 11))}$$

Onde: S = índice de sítio (local)

Objetivando definir o número de curvas de índices de sítios necessárias para cobrir a variação entre o menor e o maior crescimento em altura dominante, foram plotados, sobre o traçado das curvas índices de sítio os dados amostrados de altura e idade das árvores dominantes, levantados em 80 unidades amostrais de parcelas temporárias e na análise de tronco, representadas na Figura 11.

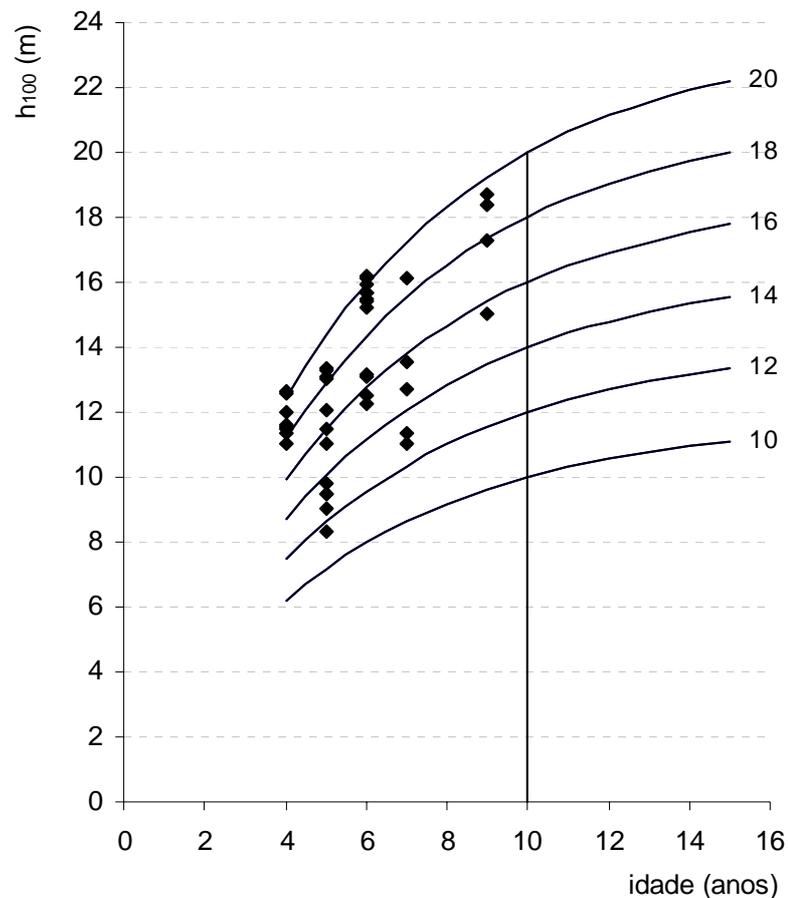


FIGURA 11 – Distribuição das alturas dominantes observadas em 80 parcelas temporárias e plotadas sobre as curvas de índice de sítio.

Verifica-se que, nas Figuras 11 e 12, as curvas de índice de sítio descrevem com boa precisão do crescimento das árvores até a idade de

10 anos. Observa-se também que, mesmo com intervalos de dois metros entre curvas, ocorre uma grande aproximação das curvas entre o segundo e o quarto ano de idade. Isso pode acarretar certa insegurança na classificação de sítios, povoamentos muito jovens.

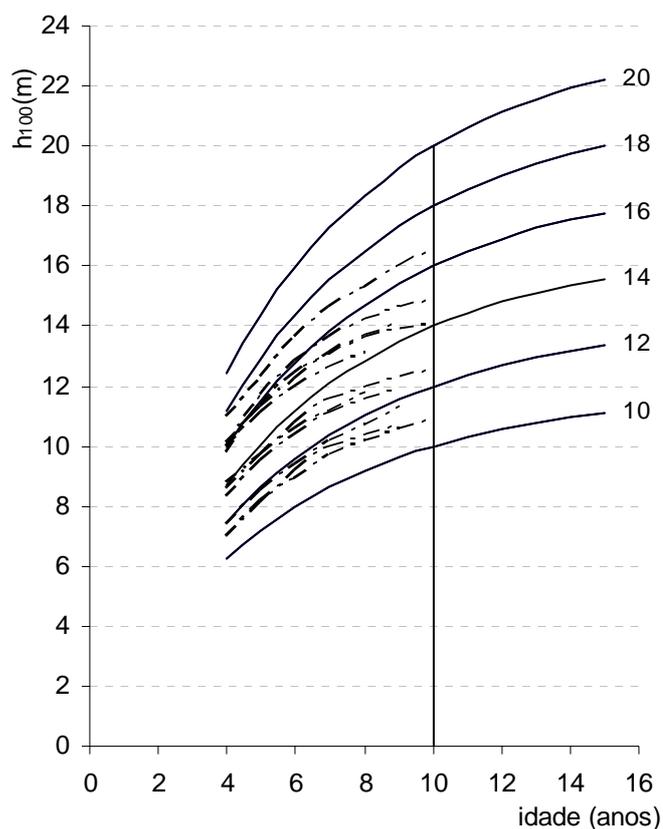


FIGURA 12 – Curvas de índice de sítio e de crescimento das alturas dominantes observadas na análise de tronco

Como resultado final, pode-se verificar a representação gráfica das curvas de índice de sítio descritas nas Figuras 11 e 12 com seus respectivos valores correspondentes, que se encontram na Tabela 21.

Dupuy *et al.* (1999), estudando crescimento em Côte d'Ivoire na África, encontrou para 3 classes de fertilidade (1-Bom; 3-Médio e 5-Ruim) aos 10 anos, alturas dominantes iguais: 20 m na classe 1, 16 m na 3 e 11 m na classe 5. Esses valores demonstram que o crescimento da teca em

Mato Grosso é ligeiramente maior quando observada a amplitude das 6 classes de sítio estabelecidas neste estudo. Já Keogh (1980) definiu 5 classes de sítio para o Caribe, América Central, Colômbia e Venezuela. Os valores encontrados pelo autor foram semelhantes aos valores de altura dominante encontrados para Mato Grosso. Assim sendo, pode-se afirmar que o crescimento da teca em Mato Grosso segue a mesma tendência de crescimento relatado por Keogh (1980).

TABELA 21 – Valores das curvas de índice de sítio

<b>Idade (anos)</b>	<b>Altura Dominante (m)</b>					
	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	6,2	7,5	8,7	10,0	11,2	12,4
<b>5</b>	7,2	8,6	10,0	11,5	12,9	14,4
<b>6</b>	8,0	9,6	11,2	12,8	14,3	15,9
<b>7</b>	8,6	10,4	12,1	13,8	15,5	17,3
<b>8</b>	9,2	11,0	12,8	14,7	16,5	18,3
<b>9</b>	9,6	11,5	13,5	15,4	17,3	19,2
<b>10</b>	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
* <b>11</b>	10,3	12,4	14,4	16,5	18,6	20,6
<b>12</b>	10,6	12,7	14,8	16,9	19,0	21,1
<b>13</b>	10,8	12,9	15,1	17,3	19,4	21,6
<b>14</b>	11,0	13,2	15,3	17,5	19,7	21,9
<b>15</b>	11,1	13,3	15,6	17,8	20,0	22,2

\* Extrapolações das alturas dominantes

Chaves & Fonseca (1991) defiram para a Colômbia 3 classes de sítio e encontraram alturas dominantes aos 10 anos, com valores de 19,5 m, 18,0 m e 16,5 m. Tais valores quando comparados com o crescimento no

presente estudo, são equivalentes aos dos índices de sítio 20, 18 e 16 da Tabela 21.

Phillips (1995), para Siri Lanca, determinou índices de sítio de 8, 12, 16, 20 e 24. As alturas dominantes foram de 4,0m; 7,0m; 10,0m; 14,0m; e 16,0m, respectivamente. Esse crescimento, quando comparado com os da Tabela 21, ficam enquadrados nos mais baixos índices de sítio para Mato Grosso.

Contudo, quando se compara o crescimento da teca do Mato Grosso com a da Índia, percebe-se que é bem diferenciado. Na Índia, segundo Kadambi (1993), Jha (1999), Basha *et al.* (1997) e outros autores já citados no item 2, aos 20 anos, a teca atinge 20,0m nos melhores sítios, 8,0m nos médios e 2,0m nos piores. Esses valores são bastante inferiores aos encontrados e representados na Tabela 21. Desta maneira, pode-se afirmar seguramente que o crescimento da teca em seu habitat natural nos melhores sítios não se compara com o crescimento da teca nos piores sítios no estado de Mato Grosso.

#### **4.6 Estimativa da altura média**

Na Tabela 22, estão apresentados os modelos utilizados neste estudo para estimar a altura média ( $h_m$ ). Foram testados 8 modelos de altura média para teca e todos possuem como variável independente a altura dominante, que também foi utilizada por Schneider(1984), Schneider(1993) e Mainardi (1995).

Pode-se observar, na Tabela 22, que todas as equações de altura média obtiveram um bom ajuste estatístico, com exceção dos modelos 3, 4 e 8, que apresentaram um erro padrão de estimativa de 15,3, 15,2 e 38,4% respectivamente. De maneira geral, os modelos apresentaram um coeficiente de determinação ajustado superior a 0,9, explicando 90% da variação total pelas regressões.

Dentre os modelos de equações estudados, o que apresentou os melhores ajustes estatísticos foi o modelo de número 2 (Tabela 22), que apresentou um coeficiente de determinação de 0,93, explicando 93% da variação total, o erro padrão de estimativa, de aproximadamente 5,5%. Por isto, este modelo foi selecionado para estimar a altura média.

TABELA 22 - Estatística para os modelos de altura média  $h_m$

nº	Modelo	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2_{ajus}$	$S_{yx}\%$	F	Prob >f
1	$h_m = b_0 + b_1 \cdot h_{100} + b_2 \cdot h_{100}^2$	-1,464	0,982	-0,004	0,994	8,20	472,3	0,000
2	$h_m = b_0 + b_1 \cdot h_{100}$	<b>-0,089</b>	<b>0,830</b>		<b>0,931</b>	<b>5,69</b>	<b>803,7</b>	<b>0,000</b>
3	$h_m^2 = b_0 + b_1 \cdot h_{100} + b_2 \cdot h_{100}^2$	-14,32	1,229	0,670	0,914	15,32	434,0	0,000
4	$h_m^2 = b_1 \cdot h_{100} + b_2 \cdot h_{100}^2$		1,018	0,753	0,982	15,25	2199,9	0,000
5	$h_m = b_1 \cdot \ln(h_{100}) + b_2 \cdot (\ln(h_{100}))^3$		0,526	0,555	0,921	8,24	6564,1	0,000
6	$h_m = b_0 + b_1 \cdot (\ln(h_{100}))^3$	0,866	0,583		0,922	8,21	955,0	0,000
7	$h_m = b_1 \cdot (\ln(h_{100}))^3$		0,629		0,993	8,47	1237,4	0,000
8	$\ln(h_m) = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_{100}) + b_2 \cdot (\ln(h_{100}))^3$	2,679	0,644	-1,125	0,921	38,44	472,7	0,000

Onde:  $h_m$  = altura média em metros;  $h_{100}$  = altura dominante em metros;  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  = coeficientes;  $R^2_{ajus}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$  = erro padrão da estimativa relativo; F = valor de F; valores em negrito correspondem ao modelo selecionado.

Na Figura 13, pode-se verificar os resíduos das equações 1 e 2 para estimar a altura média. Observa-se, a partir da análise do gráfico dos resíduos, que o modelo 2 selecionado não apresenta nenhuma tendência de superestimar ou subestimar os dados, e que a amplitude da dispersão dos resíduos não ultrapassou 2 metros em relação ao observado.

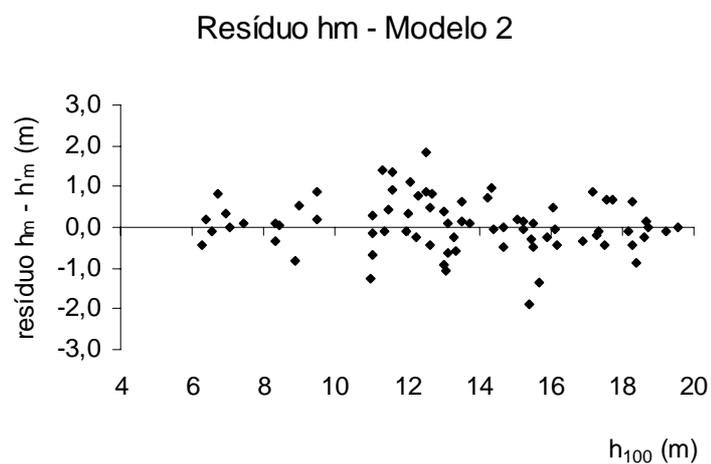
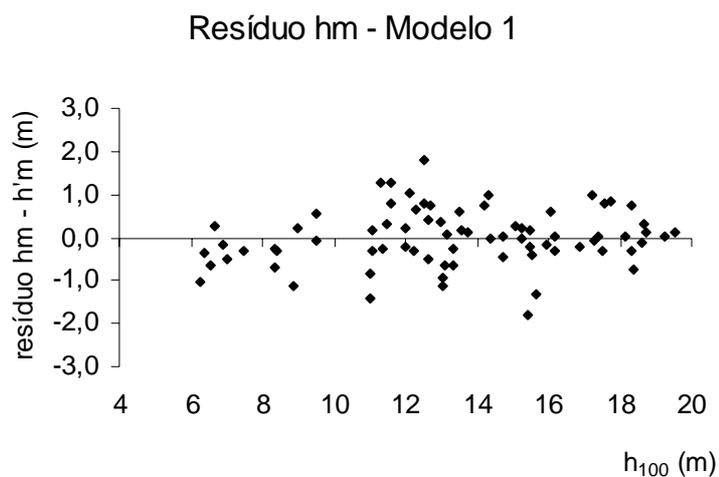


FIGURA 13 - Resíduos entre a altura média observada e estimada pelas equações 1 e 2, em metros, para teca.

A Figura 14 apresenta a dispersão dos pontos de altura média ( $h_m$ ), relacionados com os respectivos valores de altura dominante ( $h_{100}$ ) observados, além do modelo de regressão número 2, que melhor representa a relação entre essas variáveis no presente estudo.

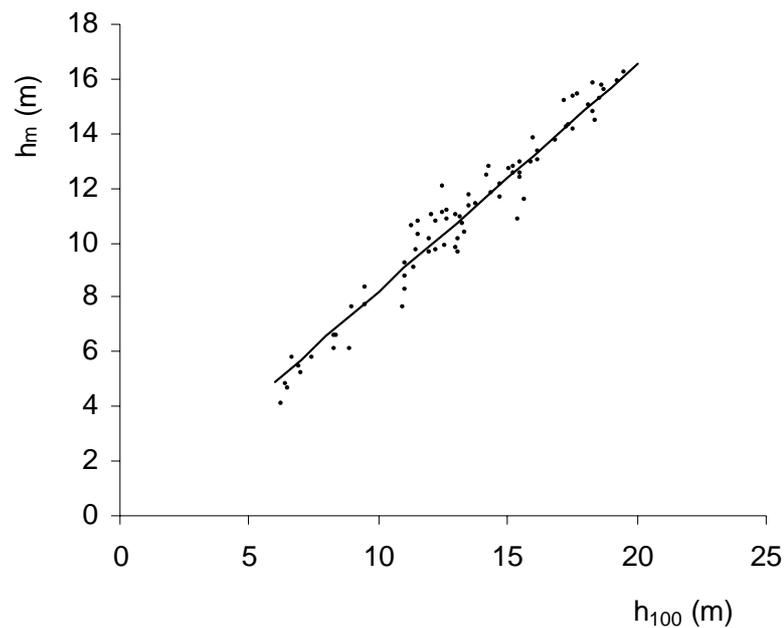


FIGURA 14 – Modelo de regressão ajustado ( $n^{\circ} 2$ ) e valores observados de altura média em função da altura dominante para teca.

#### 4.7 Estimativa do diâmetro da árvore de área basal média

Na Tabela 23, encontram-se descritos os modelos testados neste estudo para estimar o diâmetro de área basal média ( $d_g$ ). Foram testados 10 modelos  $d_g$ , sendo que todos os modelos possuem como variável independente a altura média, seguindo a metodologia usada por Schneider(1984), Schneider(1993) e Mainardi (1995).

Verifica-se, na Tabela 23, que todas as equações de  $d_g$  obtiveram um bom ajuste estatístico, de maneira geral. Os modelos apresentaram um coeficiente de determinação ajustado superior a 0,8, explicando 80% da variação total dos dados pelas regressões.

TABELA 23 - Modelos estatísticos de diâmetro de área basal média ( $d_g$ )

	Modelo	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2_{ajus}$	$S_{yx}\%$	F	Prob >f
1	$d_g = b_0 + b_1 \cdot (h_m) + b_2 \cdot (h_m^2)$	-1,034	1,550	-0,035	0,815	11,07	179,9	0,000
2	$d_g = b_1 \cdot (h_m) + b_2 \cdot (h_m^2)$	-0,618	1,846	-0,234	0,853	11,04	3544,0	0,000
3	$\ln(d_g) = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_m)$	<b>0,475</b>	<b>0,820</b>		<b>0,990</b>	<b>4,53</b>	<b>3229,2</b>	<b>0,000</b>
4	$\ln(d_g) = b_1 \cdot (h_m)$		1,019		0,997	5,94	11768,3	0,000
5	$d_g = b_0 + b_1 \cdot (h_m) + b_2 \cdot (h_m^4)$	-5,342	6,799	0,025	0,816	11,05	180,8	0,000
6	$d_g = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_m)$	-7,091	7,899		0,817	11,01	363,7	0,000
7	$d_g = b_1 \cdot \ln(h_m)$		4,931		0,981	14,08	4331,0	0,000
8	$d_g = b_1 \cdot \ln(h_m) + b_2 \cdot \ln(h_m^4)$		3,569	0,091	0,988	11,22	3433,1	0,000
9	$\ln(d_g) = b_1 \cdot \ln(h_m) + b_2 \cdot \ln(h_m^4)$		1,121	-0,007	0,978	4,77	18287,9	0,000
10	$\ln(d_g) = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_m) + b_2 \cdot \ln(h_m^4)$	-0,102	1,182	-0,008	0,854	4,79	237,2	0,000

Onde:  $d_g$  = diâmetro de área basal média em centímetros;  $h_m$  = altura média em metros;  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  = coeficientes;  $R^2_{ajus}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$  = erro padrão da estimativa relativo; F = valor de F; valores em negrito correspondem ao modelo selecionado.

Dentre os modelos de equações estudados, o que apresentou os melhores ajustes estatísticos foi o de número 3 (Tabela 23), que explicou 99% da variação total, tendo um coeficiente de determinação igual a 0,99 e um erro padrão de estimativa aproximadamente 4,5%. No entanto, observou-se que esse modelo apresentou uma tendência de subestimação nas menores alturas (Figura 15).

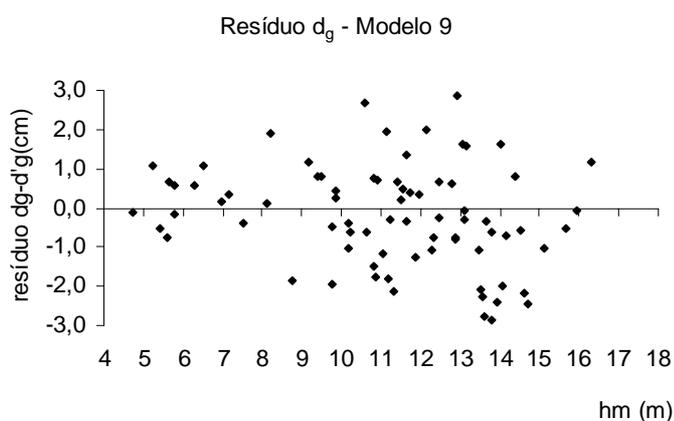
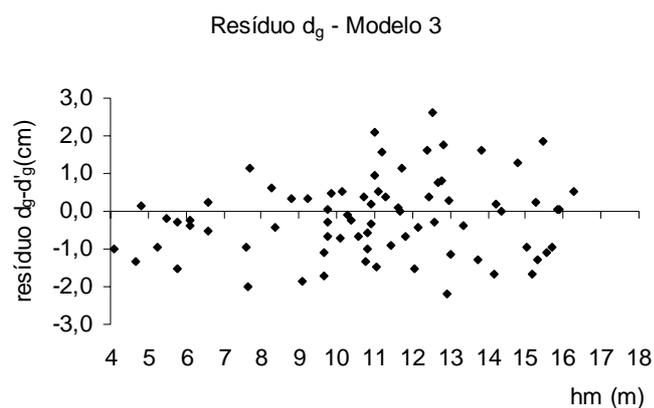


FIGURA 15 - Resíduos entre o diâmetro de área basal média observado e estimado pelas equações 3 e 9, em metros.

Na Figura 15, pode-se verificar os resíduos das equações 3 e 9 para os diâmetros das árvores de área basal média. Pode-se observar que a equação selecionada, modelo 3, que a amplitude da dispersão dos resíduos não alcançou 3 cm.

A Figura 16 mostra a dispersão dos pontos de diâmetro de área basal média ( $d_g$ ), relacionados com os respectivos valores da altura média ( $h_m$ ) observados, e a linha de regressão expressa pelo modelo 3.

Verificou-se que a equação de  $d_g$  relacionada (nº3) ajustou bem os dados observados, indicando sua possibilidade de uso para a estimativa desta variável.

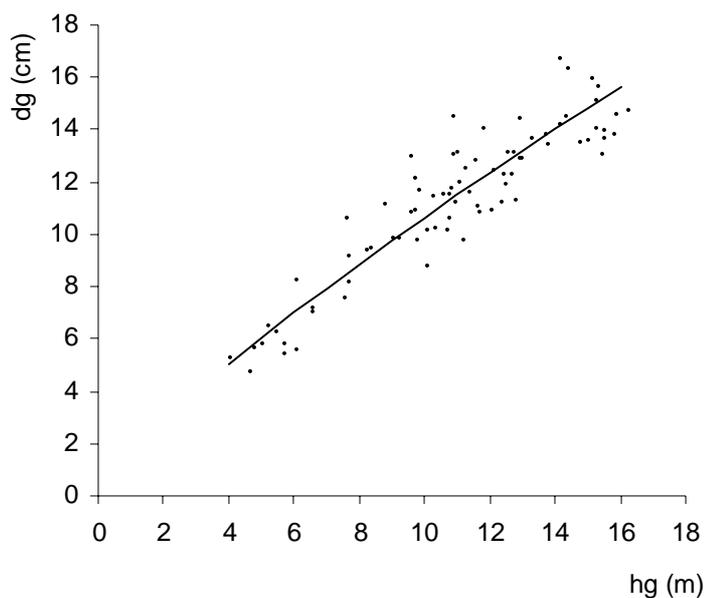


FIGURA 16 – Modelo de regressão ajustado (nº 3) e valores observados de  $d_g$  em função da altura média.

#### 4.8 Estimativa do número de árvores por hectare

Na Tabela 24, encontram-se apresentados os modelos estudados para estimar número de árvores por hectare ( $N$ ) e foram testados 7 modelos de  $N/ha$ .

Observa-se, na Tabela 24, que todas as equações de  $N/ha$  obtiveram um bom ajuste estatístico. De maneira geral, os modelos apresentaram um coeficiente de determinação ajustado abaixo de 0,3, explicando 30% da variação total pelas regressões, com exceção dos modelos 2 e 4 que apresentaram um  $R^2_{ajus}$  igual a 0,96 e 0,94, respectivamente. Porém, esses modelos apresentaram os maiores erro padrão de estimativa 21 e 23%.

Dentre os modelos de equações estudados, os modelos 6 e 7 (Tabela 24), apresentaram os melhores ajustes estatísticos, no qual 28% da variação total foi explicada por esses modelos, e o erro padrão de estimativa foi de aproximadamente 1,7%.

TABELA 24 - Modelos de número de árvores por hectare (N/ha)

	Modelo	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2_{ajus}$	$S_{yx}\%$	F	Prob >f
1	$N = b_0 + b_1 \cdot (h_{100}) + b_2 \cdot (h_{100}^2)$	1922,3	-64,11	1,20	0,193	17,5	10,8	0,000
2	$N = b_1 \cdot (h_{100}) + b_2 \cdot (h_{100}^2)$		237,53	-9,94	0,962	21,3	898,9	0,000
3	$N = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_{100})$	2307,3	-383,75		0,314	12,5	36,6	0,000
4	$N = b_1 \cdot \ln(h_{100})$		508,288		0,941	23,3	1469,3	0,000
5	$N = b_0 + b_1 \cdot \ln^3(h_{100}) + b_2 \cdot \ln^4(h_{100})$	1800,9	-50,993	8,927	0,305	12,6	18,2	0,000
6	$\ln(N) = b_0 + b_1 \cdot \ln^3(h_{100}) + b_2 \cdot \ln^4(h_{100})$	7,527	-0,0370	0,006	0,284	1,8	17,1	0,000
7	$\ln(N) = b_0 + b_1 \cdot \ln(h_{100}) + b_2 \cdot \ln^2(h_{100})$	<b>7,6149</b>	<b>-0,0431</b>	<b>-0,049</b>	<b>0,295</b>	<b>1,7</b>	<b>17,1</b>	<b>0,000</b>

Onde:  $h_{100}$  = altura dominante, em metros;  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  = coeficientes;  $R^2_{ajus}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$  = erro padrão da estimativa relativo; F = valor de F; valores em negrito correspondem ao modelo selecionado.

Na intenção de selecionar o melhor modelo de  $N/ha$ , analisou-se a distribuição gráfica dos resíduos. Essa verificação foi realizada com os modelos 6 e 7 (Tabela 24).

A distribuição dos resíduos encontra-se apresentada na Figura 18, para os modelos 7 e 6, respectivamente.

Observa-se na Figura 17, as duas equações não possuem tendência de superestimar ou subestimar valores. Mesmo assim, a equação 7 foi a selecionada para estimar  $N/ha$  por ter apresentado um  $R^2_{ajus}$  um pouco superior e um  $S_{yx}\%$  ligeiramente menor.

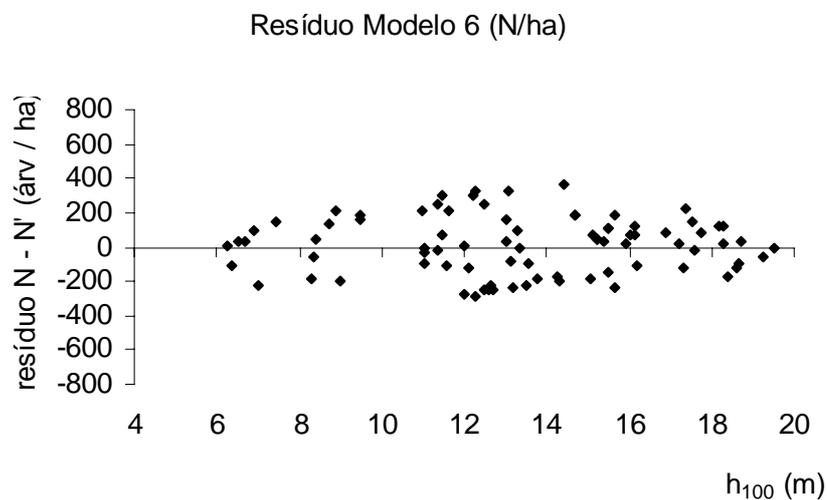
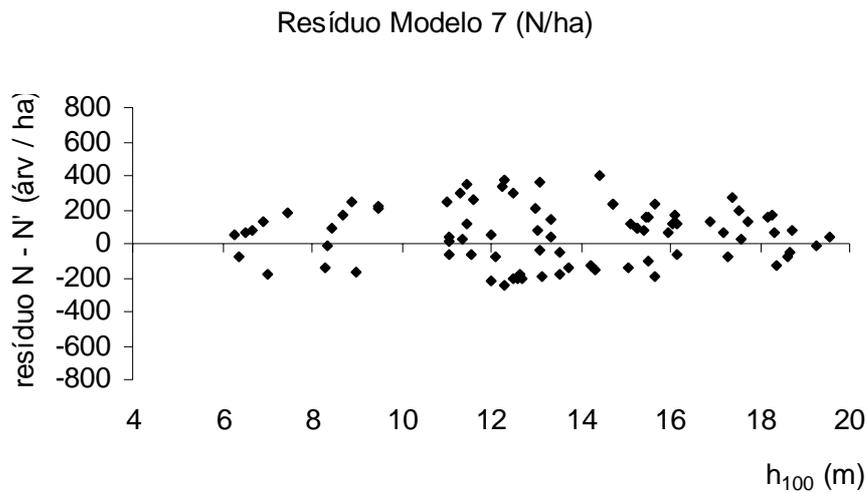


FIGURA 17 – Distribuição dos resíduos entre o número de árvores por hectare observado e o estimado pelos modelos 7 e 6

A Figura 18 mostra a tendência dos números de árvores por hectare ( $N$ ) observados e relacionados com os respectivos valores da altura dominante ( $h_{100}$ ) expressa pelo modelo de regressão número 7, que melhor ajustou a relação entre essas variáveis no presente estudo com a teca. Pode-se verificar que, na medida em que aumenta a altura das árvores, diminui a quantidade de árvores no povoamento, o que se pode atribuir a intensificação da concorrência e conseqüente mortalidade de indivíduos.

Essa tendência foi a mesma encontrada na literatura florestal, descrita por diversos autores para várias espécies florestais.

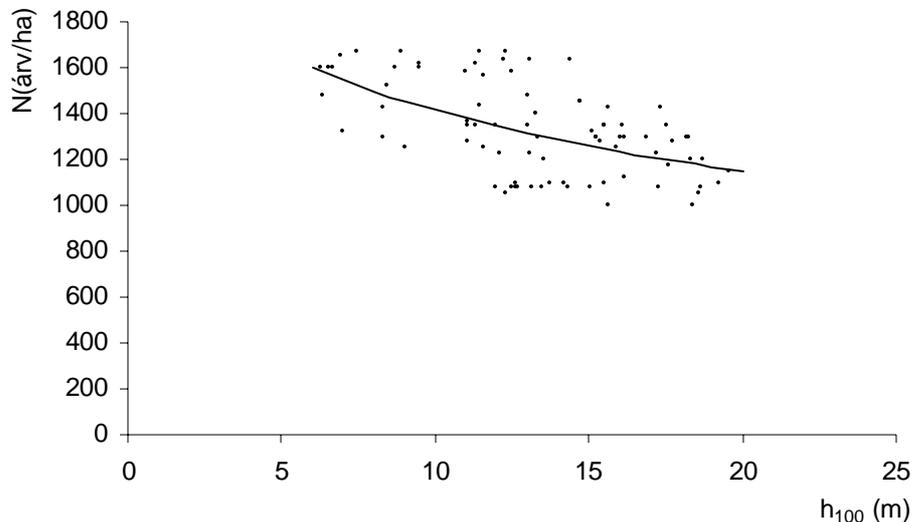


FIGURA 18 – Tendência do N/ha em relação a altura dominante obtida pelo modelo 7

#### 4.9 Estimativa da área basal por hectare

Na Figura 19, encontra-se representado o comportamento da área basal projetada para os diferentes sítios. Observa-se que esta apresenta uma tendência crescente à medida que aumenta a idade e, a qualidade do sítio do povoamento. Isto demonstra a possibilidade de utilização desta relação para a estruturação da produção no presente caso.

Centeno (1997) afirma que, através da análise da área basal, poderiam ser projetados os desbastes em teca. Afirma o autor que, quando o povoamento de teca atinge uma área basal entre 20 e 25 m<sup>2</sup>/ha, é momento do manejador entrar com desbastes. Essa afirmação é confirmada por diversos autores para várias espécies florestais, dentre eles, Silva (1977), Finger (1992), Prodan *et al.*(1997), Schneider (1984), Schneider *et al.*(1991), Schneider (1993), Mainardi (1995), Scolforo (1998a).

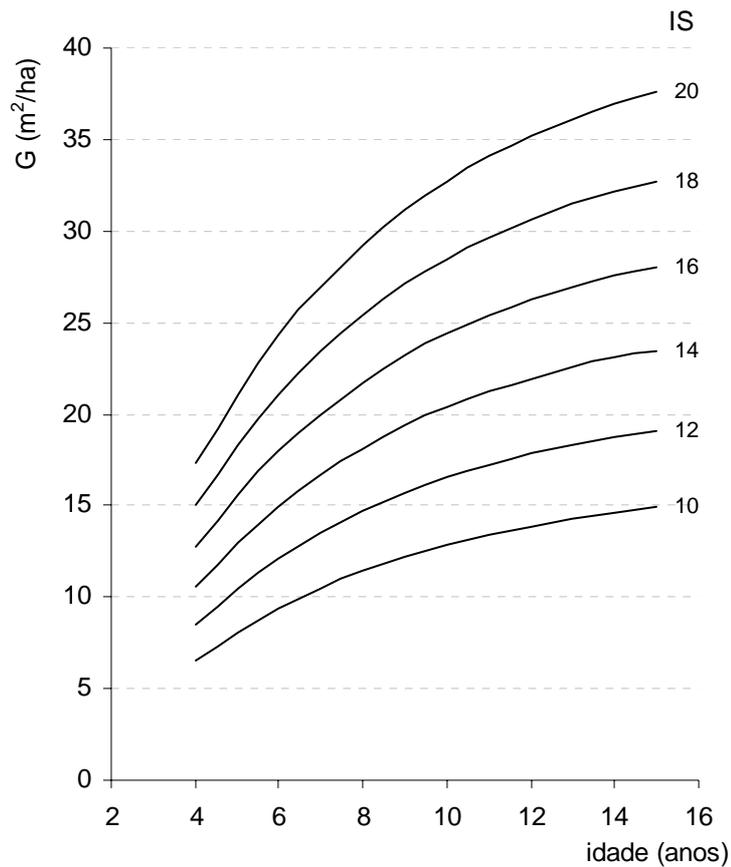


FIGURA 19 – Área basal (G/ha) em função da idade e índice de sítio

Observando a Figura 19, pode-se verificar que a teca atinge 25 m<sup>2</sup>/ha a partir do 7º ano nos melhores sítios; aos dez anos, nos sítios medianos; e nos piores sítios, ela não consegue chegar a esse valor aos quinze anos. Essas informações podem ser utilizadas como indicadores por manejadores florestais em povoamentos de teca no Mato Grosso e que não possuem um sistema de manejo adequado para a própria realidade. Nos casos abordados neste estudo, os povoamentos não foram desbastados e, portanto, nos medianos e melhores sítios, já passou a hora de ser feito o desbaste.

#### 4.10 Estimativa do volume por hectare

Na Figura 20, encontra-se representado o comportamento do volume projetado para os diferentes sítios, apresentando uma forma crescente à medida que aumenta a idade e a qualidade do sítio florestal do povoamento.

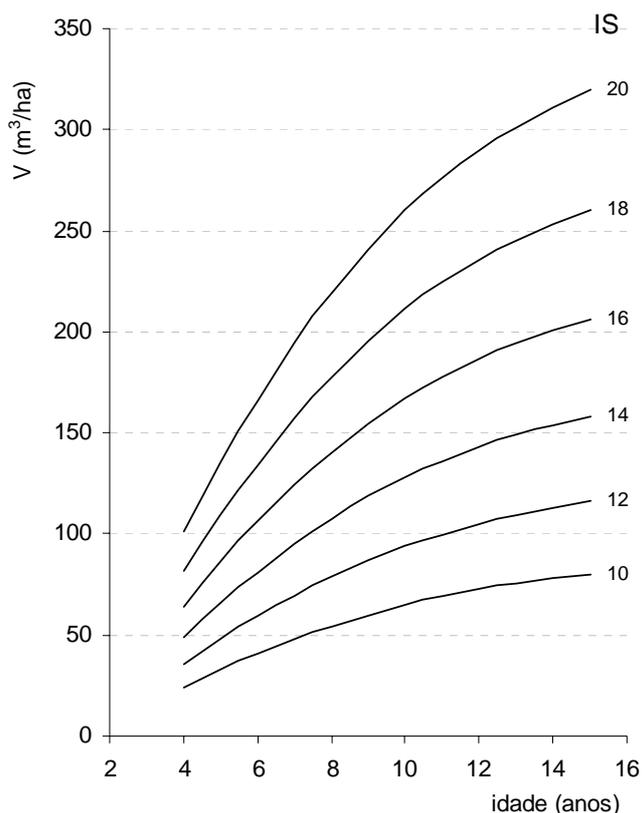


FIGURA 20 – Volume (V/ha) em função da idade e índice de sítio.

#### 4.11 Tabelas de Produção para *Tectona grandis* Linn F.

Para construção das tabelas de produção para os índices de sítios determinados no item 4.5. fez-se necessário seguir o roteiro para a confecção das tabelas de produção descrito por Schneider (1993), apresentado na Tabela 25.

TABELA 25 – Roteiro para confecção das tabelas de produção

<b>Equação variável dependente</b>	<b>Tipo de funções</b>
Altura dominante ( $h_{100}$ )	$h_{100} = 19,046575 \left( 1 - \exp^{(-0,18667(t))} \right)$
Altura média ( $h_m$ )	$h_m = -0,0897 + 0,8302 \cdot h_{100}$
Diâmetro de área basal média ( $d_g$ )	$\ln(d_g) = 0,475 + 0,820 \cdot \ln(h_m)$
Fator de forma artificial ( $f_{1,3}$ )	$\ln(f_{1,3}) = 0,774 + 0,697 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) - 0,647 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right) + 0,199 \cdot \ln\left(\frac{1}{h \cdot d}\right)$
Diâmetro ( $d_{0,5}$ )	$\ln(d_{0,5}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right)$
Diâmetro ( $d_{0,1}$ )	$\ln(d_{0,1}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{h}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln(h)$
Número de árvores / ha ( $N/ha$ )	$\ln(N) = 7,6149 - 0,04306 \cdot \ln(h_{100}) - 0,04923 \cdot \ln^2(h_{100})$
Área basal ( $G$ )	$G = \left( \frac{\pi \cdot d_g^2}{4} \right) \cdot N$
Volume ( $V$ )	$V(m^3 / ha) = G \cdot h_m \cdot f_{1,3}$

Nas Tabelas 26 a 31 são apresentadas as tabelas de produção por índice de sítio. Nestas tabelas, pode-se ler o desenvolvimento dos elementos dendrométricos do povoamento como, por exemplo, o número de árvores, a área basal e o volume por hectare.

Pode-se, ainda, prognosticar os valores de diâmetro de área basal média, altura média e densidade populacional nas idades de 2 a 15 anos de idade do povoamento de teca para Mato Grosso.

Vale ressaltar que a extrapolação das funções de crescimento para idades superiores a 11 anos deve ser tomada com precaução, devendo ser certificadas quando houver disponibilidade de povoamentos de teca com maiores idades na região de estudo.

TABELA 26 – Tabela de produção para *Tectona grandis* Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 10.

<b>Idade</b>	<b>h100</b>	<b>hm</b>	<b>dg</b>	<b>N</b>	<b>G</b>	<b>f</b>	<b>V</b>	<b>IMA</b>	<b>ICA</b>
<b>anos</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(árvo/ha)</b>	<b>(m<sup>2</sup>/ha)</b>		<b>(m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/ha/ano)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/ha)</b>
4	6,2	5,8	7,3	1590	6,6	0,6308	24,2	6,1	
5	7,2	6,8	8,2	1539	8,1	0,5998	32,7	6,5	8,4
6	8,0	7,5	8,9	1500	9,4	0,5781	40,6	6,8	7,9
7	8,6	8,1	9,5	1471	10,5	0,5621	47,9	6,8	7,2
8	9,2	8,7	10,0	1448	11,4	0,5502	54,3	6,8	6,4
9	9,6	9,1	10,4	1429	12,2	0,5409	59,9	6,7	5,6
10	10,0	9,4	10,8	1415	12,9	0,5337	64,8	6,5	4,9
11	10,3	9,7	11,0	1403	13,4	0,5280	69,0	6,3	4,2
12	10,6	10,0	11,3	1394	13,9	0,5234	72,6	6,0	3,6
13	10,8	10,2	11,5	1386	14,3	0,5197	75,6	5,8	3,0
14	11,0	10,4	11,6	1380	14,6	0,5167	78,2	5,6	2,6
15	11,1	10,5	11,7	1374	14,9	0,5143	80,3	5,4	2,2

TABELA 27 – Tabela de produção para *Tectona grandis* Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 12.

<b>Idade</b>	<b>h100</b>	<b>hm</b>	<b>dg</b>	<b>N</b>	<b>G</b>	<b>f</b>	<b>V</b>	<b>IMA</b>	<b>ICA</b>
<b>anos</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(árvo/ha)</b>	<b>(m<sup>2</sup>/ha)</b>		<b>(m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/ha/ano)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/ha)</b>
4	7,5	7,0	8,4	1524	8,5	0,5915	35,5	8,9	
5	8,6	8,1	9,5	1471	10,4	0,5625	47,7	9,5	12,2
6	9,6	9,0	10,4	1432	12,1	0,5421	59,2	9,9	11,5
7	10,4	9,8	11,1	1402	13,5	0,5272	69,6	9,9	10,4
8	11,0	10,4	11,6	1378	14,7	0,5160	78,8	9,9	9,2
9	11,5	10,9	12,1	1360	15,7	0,5073	86,9	9,7	8,1
10	12,0	11,3	12,5	1345	16,5	0,5006	93,9	9,4	7,0
11	12,4	11,7	12,8	1333	17,2	0,4952	99,9	9,1	6,0
12	12,7	12,0	13,1	1323	17,8	0,4909	105,0	8,8	5,1
13	12,9	12,2	13,3	1315	18,3	0,4875	109,4	8,4	4,3
14	13,2	12,4	13,5	1309	18,7	0,4847	113,0	8,1	3,7
15	13,3	12,6	13,6	1304	19,1	0,4824	116,1	7,7	3,1

TABELA 28 – Tabela de produção para *Tectona grandis* Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 14.

<i>Idade</i>	<i>h100</i>	<i>hm</i>	<i>dg</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>f</i>	<i>V</i>	<i>IMA</i>	<i>ICA</i>
<i>anos</i>	( <i>m</i> )	( <i>m</i> )	( <i>cm</i> )	( <i>ár/ha</i> )	( <i>m<sup>2</sup>/ha</i> )		( <i>m<sup>3</sup>/ha</i> )	( <i>m<sup>3</sup>/ha/ano</i> )	( <i>m<sup>3</sup>/ha</i> )
4	8,7	8,2	9,6	1467	10,6	0,5602	48,9	12,2	
5	10,0	9,5	10,8	1413	13,0	0,5328	65,5	13,1	16,6
6	11,2	10,5	11,8	1373	15,0	0,5135	81,0	13,5	15,6
7	12,1	11,4	12,6	1342	16,7	0,4994	95,1	13,6	14,1
8	12,8	12,1	13,2	1318	18,1	0,4888	107,7	13,5	12,5
9	13,5	12,8	13,8	1300	19,4	0,4806	118,6	13,2	10,9
10	14,0	13,3	14,2	1285	20,4	0,4742	128,1	12,8	9,5
11	14,4	13,7	14,6	1273	21,2	0,4691	136,2	12,4	8,1
12	14,8	14,0	14,9	1263	22,0	0,4651	143,1	11,9	6,9
13	15,1	14,3	15,1	1255	22,6	0,4618	149,0	11,5	5,9
14	15,3	14,5	15,3	1249	23,1	0,4592	153,9	11,0	4,9
15	15,6	14,7	15,5	1244	23,5	0,4570	158,1	10,5	4,2

TABELA 29 – Tabela de produção para *Tectona grandis* Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 16.

<i>Idade</i>	<i>h100</i>	<i>hm</i>	<i>dg</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>f</i>	<i>V</i>	<i>IMA</i>	<i>ICA</i>
<i>anos</i>	( <i>m</i> )	( <i>m</i> )	( <i>cm</i> )	( <i>ár/ha</i> )	( <i>m<sup>2</sup>/ha</i> )		( <i>m<sup>3</sup>/ha</i> )	( <i>m<sup>3</sup>/ha/ano</i> )	( <i>m<sup>3</sup>/ha</i> )
4	10,0	9,4	10,7	1416	12,8	0,5345	64,3	16,1	
5	11,5	10,9	12,1	1362	15,6	0,5083	85,9	17,2	21,7
6	12,8	12,1	13,2	1321	18,0	0,4900	106,2	17,7	20,2
7	13,8	13,1	14,0	1290	20,0	0,4766	124,5	17,8	18,3
8	14,7	13,9	14,8	1267	21,7	0,4664	140,7	17,6	16,3
9	15,4	14,6	15,4	1248	23,2	0,4586	154,9	17,2	14,2
10	16,0	15,2	15,9	1233	24,4	0,4525	167,2	16,7	12,3
11	16,5	15,6	16,3	1221	25,4	0,4477	177,7	16,2	10,5
12	16,9	16,0	16,6	1211	26,2	0,4438	186,7	15,6	8,9
13	17,3	16,4	16,9	1203	27,0	0,4407	194,2	14,9	7,6
14	17,5	16,6	17,1	1197	27,5	0,4382	200,6	14,3	6,4
15	17,8	16,9	17,3	1192	28,0	0,4362	206,0	13,7	5,4

TABELA 30 – Tabela de produção para *Tectona grandis* Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 18.

<i>Idade</i>	<i>h100</i>	<i>hm</i>	<i>dg</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>f</i>	<i>V</i>	<i>IMA</i>	<i>ICA</i>
<i>anos</i>	( <i>m</i> )	( <i>m</i> )	( <i>cm</i> )	( <i>ár/ha</i> )	( <i>m<sup>2</sup>/ha</i> )		( <i>m<sup>3</sup>/ha</i> )	( <i>m<sup>3</sup>/ha/ano</i> )	( <i>m<sup>3</sup>/ha</i> )
4	11,2	10,6	11,8	1371	15,0	0,5128	81,7	20,4	
5	12,9	12,2	13,3	1316	18,3	0,4878	109,0	21,8	27,3
6	14,3	13,6	14,5	1275	21,1	0,4702	134,5	22,4	25,5
7	15,5	14,7	15,5	1245	23,4	0,4573	157,5	22,5	23,1
8	16,5	15,6	16,3	1221	25,4	0,4476	178,0	22,2	20,4
9	17,3	16,4	16,9	1202	27,1	0,4401	195,8	21,8	17,8
10	18,0	17,1	17,5	1187	28,5	0,4342	211,2	21,1	15,4
11	18,6	17,6	17,9	1175	29,7	0,4296	224,4	20,4	13,2
12	19,0	18,0	18,3	1165	30,7	0,4259	235,6	19,6	11,2
13	19,4	18,4	18,6	1158	31,5	0,4229	245,1	18,9	9,5
14	19,7	18,7	18,9	1151	32,2	0,4205	253,1	18,1	8,0
15	20,0	19,0	19,1	1146	32,7	0,4185	259,9	17,3	6,7

TABELA 31 – Tabela de produção para *Tectona grandis* Linn F. em Mato Grosso, para índice de sítio 20.

<i>Idade</i>	<i>h100</i>	<i>hm</i>	<i>dg</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>f</i>	<i>V</i>	<i>IMA</i>	<i>ICA</i>
<i>anos</i>	( <i>m</i> )	( <i>m</i> )	( <i>cm</i> )	( <i>ár/ha</i> )	( <i>m<sup>2</sup>/ha</i> )		( <i>m<sup>3</sup>/ha</i> )	( <i>m<sup>3</sup>/ha/ano</i> )	( <i>m<sup>3</sup>/ha</i> )
4	12,4	11,8	12,9	1331	17,4	0,4942	101,1	25,3	
5	14,4	13,6	14,5	1275	21,1	0,4701	134,7	26,9	33,6
6	15,9	15,1	15,8	1234	24,3	0,4531	166,0	27,7	31,3
7	17,3	16,4	16,9	1203	26,9	0,4407	194,2	27,7	28,3
8	18,3	17,4	17,8	1180	29,2	0,4314	219,2	27,4	25,0
9	19,2	18,3	18,5	1161	31,1	0,4242	241,1	26,8	21,8
10	20,0	19,0	19,1	1146	32,7	0,4185	259,9	26,0	18,8
11	20,6	19,6	19,6	1134	34,1	0,4141	276,0	25,1	16,1
12	21,1	20,1	20,0	1125	35,2	0,4105	289,8	24,1	13,7
13	21,6	20,5	20,3	1117	36,1	0,4076	301,4	23,2	11,6
14	21,9	20,8	20,6	1111	36,9	0,4053	311,2	22,2	9,8
15	22,2	21,1	20,8	1105	37,6	0,4034	319,4	21,3	8,2

#### **4.12 Análise comparativa de produção para *Tectona grandis* Linn F.**

Nas Tabelas 32 a 34, em anexo, encontram-se as produções da teca na Índia e em Java, habitat natural dessa espécie. Comparando-se esses resultados com os encontrados para teca em Mato Grosso, na Tabela 21, pode-se afirmar que a teca em Mato Grosso possui um crescimento muito superior que ao encontrado no seu habitat natural. Isso demonstra a veracidade das informações até hoje publicadas em revistas florestais do Brasil, em se tratando de produção de teca para o Estado do Mato Grosso.

Esse fato ocorre devido a vários fatores que sugerem pesquisas mais intensas no estado, sendo um desses a qualidade dos sítios em que a teca é plantada.

Comparando-se os dados da produção da teca para Mato Grosso e os encontrados por Houayé (1993) para Benin-África, apresentados na Tabela 35(anexo), verifica-se que o crescimento e a produção da teca-MT são superiores à teca-África.

Para Porto Rico (Tabela 36, em anexo), não há como se comparar, visto que, neste estudo, somente foi trabalhado com produção de teca até os 15 anos de idade e, em Porto Rico, a partir dos 24 anos. No entanto, quando se compara a área basal por hectare em Porto Rico com a encontrada neste trabalho para Mato Grosso nos melhores sítios, verifica-se a superioridade do incremento em área basal para a teca de Mato Grosso. Desta maneira, pode-se dizer, também, que a teca em Mato Grosso possui um incremento em área basal superior ao encontrado para Porto Rico (Jha, 1999).

Comparando-se os dados da teca para Mato Grosso com os dados para Trinidad e Tobago (Tabela 37, em anexo), pode-se observar uma pequena superioridade em crescimento e produção da teca-MT, sendo a maior diferença nos sítios médios (Streets, 1962).

Comparando a produção e o crescimento com plantios na Costa Rica (Tabela 38, em anexo), segundo Machuca (1997), a tendência é

semelhante de Trinidad e Tobago (Tabela 36, em anexo), conforme Chaves&Fonseca (1991).

Quando comparado o crescimento e produção obtidos para teca na Venezuela e em Mato Grosso não se pode afirmar que a espécie cresce mais neste Estado. No entanto, observando-se o crescimento em área basal (Tabela 39, em anexo), pode-se verificar que no Mato Grosso o crescimento é superior em área basal do que na Venezuela, principalmente no melhor sítio, apresentado na Tabela 31 de produção.

Na Figura 21, encontra-se apresentado um gráfico do volume por hectare em função da altura dominante nas idades de 5, 10 e 15 anos, para povoamentos de teca no Mato Grosso–BR, Cote d'Ivoire, Benin e Trinidad e Tobago, com exceção de Java que possui os dados nas idades 5 e 20 anos. Este gráfico possibilita visualizar a produção de teca para os três continentes e em países. A diferença encontra-se na forma de manejo dos povoamentos, considerando-se que o povoamento de teca em Mato Grosso não sofreu nenhum desbaste, encontrando-se em densidade completa. Mesmo assim, pode-se observar que o crescimento de teca é superior em todas as alturas para os melhores sítios.

Pode-se verificar que, até os 12 metros (cinco anos de idade), todos os locais, (apresentados na Figura 21) possuem uma produção ligeiramente semelhante, com exceção de Mato Grosso, onde a produção é maior. Essa tendência se estende até as maiores alturas (15 a 18 metros) na idade de quinze anos.

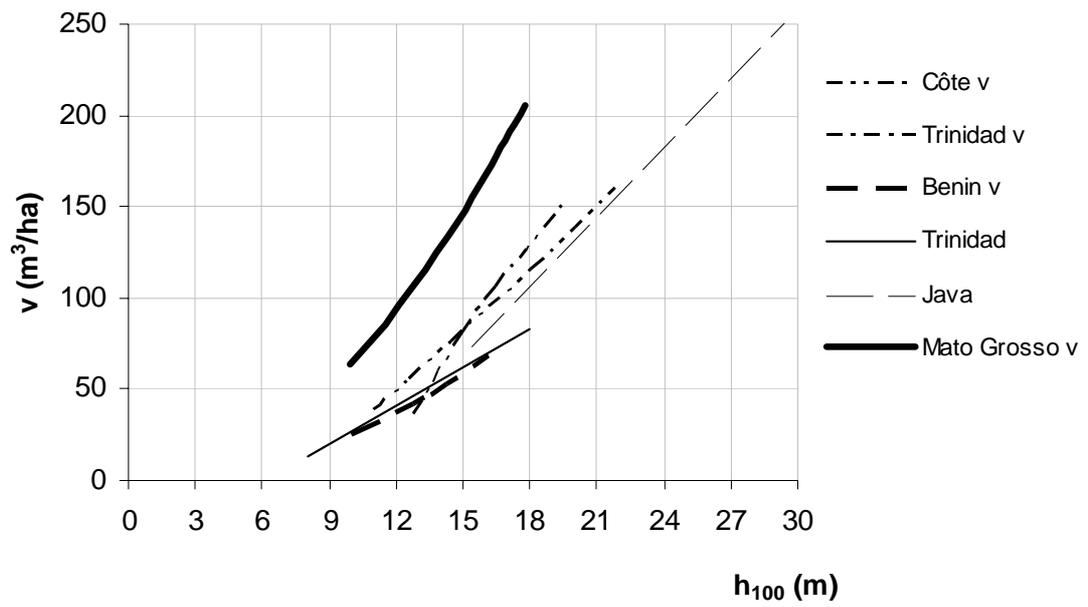


FIGURA 21 – Volume (V/ha), em função de  $h_{100}$  para *Tectona grandis* Linn F. em Cote d'Ivoire, Trinidad e Tobago, Benin, Java e Mato Grosso – BR (índice de sitio 16, Tabela 21).

## 5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho pode-se concluir que:

- ✓ No que tange à relação hipsométrica, o modelo  $\sqrt{h} = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot \ln^2 d$  foi o que apresentou melhor precisão estatística, tendo apresentado um  $R^2_{ajus}$  igual a 0,90 e um  $S_{yx}$  de 4,9%, portanto, este modelo foi o selecionado para explicar a relação entre altura e diâmetro;

- ✓ Para estimar o volume, foi selecionado o modelo  $\log(v) = b_0 + b_1 \cdot \log(d) + b_2 \cdot \log(h)$  tendo apresentado um  $R^2_{ajus}$  igual a 0,98 e um  $S_{yx}$  de 3,4%;

- ✓ A equação de fator de forma artificial

$$\ln(f_{1,3}) = 0,774 + 0,697 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) - 0,647 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right) + 0,199 \cdot \ln\left(\frac{1}{h \cdot d}\right)$$

foi a que apresentou melhor ajuste gráfico dos resíduos, um menor erro padrão de estimativa de 8,13%, e um coeficiente de determinação de 0,80, sendo  $d$  o diâmetro à altura do peito,  $d_{0,5}$  e  $d_{0,1}$  os diâmetros relativos de Hohenadl, estimados pelas respectivas equações:

$$\ln(d_{0,5}) = -1,066 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + 0,234 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right) \quad e$$

$$\ln(d_{0,1}) = 0,753 - 0,535 \cdot \ln\left(\frac{h}{d^2}\right) + 0,199 \cdot \ln(h);$$

- ✓ A equação de Chapman–Richard's, testada para modelar o crescimento, descreveu de forma adequada e eficiente a evolução da variável altura dominante dentro do intervalo de idade analisado neste estudo;

- ✓ Para descrever a variação do crescimento da altura dominante sobre a idade, foram necessárias seis curvas de índice de sítio de 10 a 20, na idade-índice de 10 anos;
- ✓ As equações que melhor estimaram o desenvolvimento das variáveis altura média ( $h_m$ ), diâmetro de área basal média ( $d_g$ ) e densidade populacional (N/ha) foram:
  - $h_m = -0,0897 + 0,8302 \cdot h_{100}$
  - $\ln(d_g) = 0,475 + 0,820 \cdot \ln(h_m)$
  - $\ln(N) = 7,6149 - 0,04306 \cdot \ln(h_{100}) - 0,04923 \cdot \ln^2(h_{100})$
- ✓ O crescimento da teca em Mato Grosso é ligeiramente maior que em Caribe, América Central, Colômbia, Venezuela na América e, em Côte d'Ivoire, na África. Já em Sri Lanka, Índia, Java e Indonésia, esse crescimento equivale aos mais baixos índices de sítio das regiões de Santo Antônio do Leverger e Brasnorte, ambos municípios do Estado do Mato Grosso;

## 6 RECOMENDAÇÕES

- ✓ Que um próximo trabalho seja realizado no tocante à estruturação da produção de *Tectona grandis* Linn F. para Mato Grosso com povoamentos acima de 25 anos de idade;
- ✓ Que sejam feitas pesquisas para determinar desrama, desbastes, corte final e sortimentos para *Tectona grandis* Linn F. no Mato Grosso;

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFARO, M. M. **Estudo de caso sobre la rentabilidad y el uso optimo de recursos en plantaciones forestales en Costa Rica**. 1990. 162p. Dissertação de Mestrado. CATIE. Turrialba – Costa Rica, 1990.

AMEF. **Relatório com propostas para desenvolver o setor florestal em Mato Grosso**. Associação Mato-grossense dos Engenheiros Florestais(AMEF). Cuiabá – MT. 2002. 8 p.

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

BANIJBTHANA, D. - Teak Forest of Thailand. Roma. **Tropical Silviculture**, 13(2): p.193-205, 1957.

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

BASHA, S.C., MOHANAN, C.F., SANKAR,S. **Teak**. Kerala: Índia, 1991. 274p.

BEARD, J. The importance of race in teak, *Tectona grandis* L. Porto Rico. **Caribbean Forester**, 4(3). p.135-139, 1943.

BEHAGHEL, I. Etat des plantations de teck (*Tectona grandis* L.F.) dans le monde. **BFT**, 262 (4): p.6-18, 1999.

BHAT, K.M. Timber quality of teak from managed tropical plantations with special reference to Índia plantations. **BFT**, 263 (1): p. 6-16, 2000.

BRIGATTI, R. A. A cultura do Palmitreiro e da teca. Piracicaba, 1981. **Seminário de Culturas Florestais**. ESALQ, 1981. p.11 - 18.

BRIGATTI, R. A. & GARLIPP, R.C.D. Tomada de decisão face à diferentes alternativas de manejo de uma floresta de Eucalyptus spp. **Circular Técnico** nº142. IPEF. Piracicaba – SP, 1982. 11p.

BRISCOE, C. Perspectivas personales para plantaciones. Programa del Silvicultura. **CATIE**. Turrialba – Costa Rica, 1995. 7p.

BURGER, D. **Ordenamento Florestal 1: a produção florestal**. 4 ed. Curitiba: FUPEF, 1980. 124p.

CÁCERES FLORESTAL. **Manual do Reflorestamento de Teca**. Cáceres – MT. Cáceres Florestal S.A. 2ª edição. 2000. 32p.

\_\_\_\_\_. **O florestamento da teca: orientação na produção das mudas, no seu plantio e condução do florestamento**. Cáceres – MT. Cáceres Florestal. 1997. 4p.

\_\_\_\_\_. **Teca o Reflorestamento Nobre**. Cáceres – MT. Cáceres Florestal S.A. s.d. 8p.

CAMPELO, J.H.J.; CASEIRO, F.F.; FILHO, P.N.; MARTELLI, G.T. & ZAMPORINI, C.A.G.P. Caracterização Macroclimática de Cuiabá. Londrina-PR, 1991. In: II Encontro Nacional de Estudo sobre o Meio Ambiente. 1991. p.542-552.

CAMPOS, J.C.C., SILVA CAMPOS, A.L.A., LEITE, H.G. Decisão silvicultural empregando um sistema de predição do crescimento e da produção. **Revista Árvore**. V.12, nº2, p.100-110, 1988.

CAO, Q.V.; Recovering diameter distribution from Schumacher and Coile's model for natural even-aged loblolly Pine stands, **Forest Service S.E.-42**, Georgia, 1986, p.514-516.

CARDOSO, N.S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teca-Verbenaceae**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1991, 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de São Paulo, 1991.

CATIE – ROCAP – Técnicas de Cultivo de uma espécie florestal de uso múltiple. **Coleccion materiales de extensión**. San Jose – Costa Rica, Nº 596-0117. S/D. 6p.

CENTENO, J.C. El manejo de las plantaciones de teca. In: Actualidad Florestal. Boletín de la OIMT. v.5, nº2, 1997. p.10-12.

CHAKRBARTI, S.K. & GAHARWAR, K. S. A study on volume estimation for Indian teak. **The Indian Forester**, vol. 121, nº 6, Editor Pankaj khullar, Dehra Dun, 1995. p. 503-509.

CHAVES, E. & FONSECA, W. Teca (*Tectona grandis* L.F.) árbol de uso múltiple em América Central. Turrialba, CATIE - **Informe Técnico** nº 179, 1991. 47p.

CHATURVEDI, A.N. The viability of commercial teak plantation projects. **The Indian Forester**, vol. 121, nº6, Editor Pankaj khullar, Dehra Dun 1995. p. 563-565.

CLUTTER, J.L.; FORTSON, J.C.; PENAAR, L.V.; BRISTER, G.H.; BAILEY, R.L. **Timber management: A quantitative approach**. John Wiley & Sons. New York, 1983. 333p.

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.

DRESCHER, R; SCHEEREN, L. W.; MEDEIROS, J. G. S.; MULLER, I. Relação Hipsométrica para *Pinus elliottii* Engelm na Região da Serra do Sudeste, Estado do Rio Grande do Sul. In: 1º Simpósio Latino-Americano de Manejo Florestal, 2000, Santa Maria. **Anais** do 1º Simpósio Latino-Americano de Manejo Florestal. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. v. 1, p. 427-438.

DRESCHER, R. **Fator de forma e sortimento de *Pinus elliottii* Engelm para a região da serra do sudeste do estado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM, 1999. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, 1999.

DUPUY, B. MAITRE, H.F., KANGA, A.G. Table de production du teck (*Tectona grandis*) L'exemple de la Cote D'Ivoire. **Bois et Forêts des tropiques**. CIRAD, N° 261, 1999, p. 7-16.

ESALQ/DS. **Cultura da Teca**. Piracicaba, 1970. 5p.

FAO. **Forestry paper tropical Forest Plantation Resources**. FAO, Roma. 1995, 128p.

\_\_\_\_\_. Intensive multiple use forest management in the tropics. **FAO Forestry Paper**. N° 55. Rome, 1985. 38p.

\_\_\_\_\_. Ásia Pacific regional grading rules for Teak-logs. **Ásia Pacific. For Comm**. 1959. 52p.

FAPEU/UFSC. **Diagnóstico sócio-econômico do Estado de Mato Grosso**. Projeto da Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária Universidade Federal de Santa Catarina –FAPEU / UFSC . Cuiabá – MT. 2002. 256 p.

FINGER, C.A.G. **Tabelas para o manejo de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, em primeira e segunda rotação**. Santa Maria - RS. UFSM, CEPEF - FATEC. 1997. 85 p.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos de biometria florestal**. UFSM, CEPEF - FATEC. Santa Maria - RS. 1992. 269 p.

FINGER, C.A.G., ZANON, M.L.B., SCHNEIDER, P.R., KLEIN, J.E.M. & COELHO, M.C.B. Funções de forma para *Eucalyptus dunnii* Maiden implantados na depressão central e encosta do sudeste do Rio Grande do Sul. Santa Maria - RS. **Ciência Rural**, v.25, n.3, 1995. 399-403 p.

FINGER, Z; FINGER, F. A.; DRESCHER, R. Fatores geográficos, geológicos, edáficos e climáticos limitantes da distribuição natural da TECA (*Tectona grandis* L. F.). 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. 154-169.

FINGER, Z.; FINGER, F. A.; DRESCHER, R. TECA (*Tectona grandis* L. F.) plante esta idéia. 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. 170-178.

GEORGE, M. P. Teak plantations of Kerala. **The Indian Forester**, vol. 36, nº4, Editor Pankaj khullar Dehra Dun 1961. p.646-655.

GOMES, A.M.A. **Medição de arvoredos**. Lisboa. Ed. Livraria Sá da Costa. 1957. 413p.

GOMES, J. E. & MACEDO, R. L. G. Fenologia e crescimento da *Tectona grandis* Linn F. (Teca) implantada em Lavras – MG. In: Congresso de Iniciação Científica da UFLA-CICESAL. Lavras-MG, 1999. p. 177-178.

HIDALGO, E., MORENO, V. & MORALES, N. – Comportamiento de 15 Procedências de Teca (*Tectona grandis*) Despues de Cinco anos de Efectuada la Plantacion em Itabo, Matanzas. La Habana, Cuba, **Revista Florestal Baracoa**. v.16, nº I. 1986. p.65-75.

HIGUCHI, N. **Informações Básicas para o Manejo Florestal da *Tectona grandis* (Teca) Introduzida no Alto Jaurú**. Cuiabá, MT. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso (FUFMT), Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agrárias. 1979. 92p.

HOUAYÉ, P. Untersuchungen zur variabilitat von Teakpflanzbestanden in Benin. Gottinger Beitr. **Land und Forstw**. In Tropen und Subtropen, 1993, 85p.

HTWE, U. M. M. Teak plantations in Myanmar. **In:** Paper presented at the regional seminar on site, technology and productivity of teak plantations. Thailand. 1999. p. 25-29.

HUSCH, B., MILLER, I.C., BEERS, T.W. **Forest mensuration**. New York: J. Wiley, 1982. 402 p.

IBDF. **Diagnóstico do Setor Florestal do Estado de Mato Grosso**. Brasília. Departamento de Economia Florestal/IBDF. 1984. 354p.

IBGE. **Censo Demográfico 2000**. Rio de Janeiro - RJ. 2000. 657p.

IBGE. **Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil**. Rio de Janeiro. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais/IBGE. 1993. 153p.

JHA, K.K. **Teak (*Tectona grandis*) Farming**. Uttar Pradesh-India. International Book Distributing Co. 1999. 125p.

JORGE, L. A. B. Equações de relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus elliottii* E., na Floresta Nacional de Três Barras, SC. Brasília. **Brasil Florestal**. nº 56, 1983. p.41-47.

KADAMBI, K. **Silviculture & Management of teak**. Natraj Publishers, Dehra Dun-India, 1993. 137p.

KAOSA-ARD, A. **Teak (*Tectona grandis* Linn.F.) natural distribution and related factorors**. Águas de São Pedro, IUFRO, 1980. 20p.

KAUL, O.N., GUPTA, A.C. & NEGI, J.D.S.. Diagnosis of Mineral Deficiencies in Teak (*Tectona grandis* L. F.) Seedlings. **The Indian Forester**, vol. 95, nº3 Dehra Dun 1972. p.173-177.

KAUL, O.N., SHARMA, D.C., TANDON, V.C. & SRIVASTAVA, P.B.L. Organic Matter and plant Nutrients in a Teak (*Tectona grandis* L. F.) Plantation. **The Indian Forester**, vol. 105, nº8 Dehra Dun 1979. p.573-583.

KEOGH, R. **The world of teak plantations**. International Forestry Review 2(2). 2000. p.123-125.

\_\_\_\_\_. Teak 2000: A Consortium Support Model for greatly increasing the contribution of tropical hardwood plantations to sustainable development. Amsterdam. IIED-Edited Draft, **Forestry and Land Use Series**. Nº 8. 1995. 27p.

\_\_\_\_\_. Teca (*Tectona grandis* Linn. F.), procedências Del Caribe, Centro América, Venezuela y Colômbia. **In:** Simpósio IUFRO/MAB/Forest Service, Producción de madera em los Geotrópicos por medio de plantaciones(1980, Rio Piedras, P.R). Instituto Nacional Forestal. Porto Rico, 1980. p 356-372.

KRETSCHER, O. & SAMONEK, E.C. O potencial da teca (*Tectona grandis* Linn. F.) para plantios no país – Uma abordagem prática. **In:** Seminário de espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais. EMBRAPA – Colombo. Curitiba – PR. 1998. p. 31 – 40.

KHEDKAR, M.K. – Advantages of Raising Teack (*Tectona grandis*) Plantations by using root trainer plants. **The Indian Forester**, February, 1999. p.133-135.

KRISHNAPILLAY, B. ABDULRAZAK, M.A. **Site, technology and productivity of teak.** The Malaysian Experience. 1999. p.57-103.

KRISHNAPILLAY, B. Silviculture and management of teak plantations. **Unasyiva 201.** vol. 51, 2000. p.14-21.

LAMPRECHET, H. **Silvicultura nos Trópicos.** Berlim. Eschborn. GTZ. 1990. 343p.

MACHUCA, J.A.O. **Determinacion del turno óptimo financiero y ambiental para cinco especies en plantaciones forestales en Costa Rica.** 1997. 129p. Dissertação de Mestrado. CATIE. Turrialba – Costa Rica, 1997.

MAI, C. Site, technology and productivity of teck plantations. **Bois et Forêts dès tropiques.** CIRAD, N° 261, 1999, p. 70-79.

MAINARDI, G. L. **Estruturação da produção de *Pinus taeda* L.: um estudo do caso para a região de Cambará do Sul, RS.** Santa Maria: UFSM, 1995. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, 1995.

MAHAPHOL, S. **Teak in Thailand.** Ministry of Agriculture-Royal Forest Departament, n°R16. Thailand 1954. 30p.

MATRICARDI, W. A. T., **Efeitos dos fatores de Solo sobre o desenvolvimento da Teca (*Tectona grandis* L. F.) cultivada na grande Cáceres - Mato Grosso.** ESALQ/USP. Piracicaba. 1989. 135p. (Dissertação de Mestrado).

MELLO, H. A. Alguns aspectos da Introdução da Teca no Brasil In: Anuário Brasileiro de Economia Florestal. Rio de Janeiro. 15 (15); 1963. p.113 - 119.

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.

MOURA, J.B. de **Estudo da forma do fuste e comparação de métodos de estimativas volumétricas de espécies florestais da Amazônia Brasileira**. Curitiba: UFPR, 1994. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1994.

PANDEY, D. **Assessment of Tropical Forest Plantation Resource**. Department of Forest Survey. Swedish University of Agricultural Sciences. 1992.

PARAMESWARAPPA, S. Teak – How fast can it grow and how much can it pay?. **The Indian Forester**, vol. 121, nº6, Editor Pankaj khullar Dehra Dun 1995. p.563-565.

PHILLIPS, G.B. Growth functions for teak (*Tectona grandis* Lim.F.) plantations in Sri Lanka commonwealth. **Forestry Review** 74(4), 1995. p.361-375.

PNUD/PRODEAGRO. **Caracterização Hidrográfica do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá – MT, 1995. 326p.

PRODAN, M., PETERS, R., COX, F. & REAL, P. **Mensura Florestal IICA**, San José – Costa Rica. 1997. 586p.

PRASAD, R.S.R. *Tectona grandis* – Elite Management. **The Indian Forester**, vol. 121, nº6, Editor Pankaj khullar Dehra Dun 1995. p.558-561.

RADAMBRASIL. **Folha SD.21**. Rio de Janeiro. Ministério das Minas e Energia. 1982. 540p.

RICHARDS, F.J. A flexible growth function for empirical use. **Journal Experimental Botany**. V. 10. 1959. p.290-300.

RONDON NETO, R.M., MACEDO, R.L.G. & TSUKAMOTO FILHO, A.D. Formação de povoamentos florestais com *Tectona grandis* L.F. (Teca). Boletim Técnico – Universidade Federal de Lavras. **Série Extensão** Ano VII, nº33. Lavras-MG, 1998. 29p.

ROSAS, M.P. **Alternativas de determinação da idade técnica de corte de *Eucalyptus urophylla***. Viçosa, MG. UFV.1994. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, 1994.

SAAF. **Diretrizes técnicas para implantação de reflorestamento no Estado de Mato Grosso, teca – *Tectona grandis* Linn F.**. Secretaria de Estado de Agricultura e Assuntos Fundiários (SAAF). Cuiabá – MT. 2001. 15 p.

SALAZAR, R. & ALBERTIN, W. Requerimentos edáficos y climáticos para *Tectona grandis*. Turrialba. **Turrialba.**. 24(1). 1974. p.66-71.

SAMPAIO,A.J. Teca da Índia e a do Brasil. **Revista Florestal**. Rio de Janeiro, 1(9), 1930, p.7-10.

SCHMINCKE, K. H. Teak plantations in Costa Rica – precious woods experience. **Unasyuva** 201. vol. 51, 2000. p.29 - 35.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo florestal: Planejamento da produção florestal**. Santa Maria - RS: UFSM/ CEPEF-FATEC, 2002. 195 p.

\_\_\_\_\_. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal** . Santa Maria - RS: UFSM/ CEPEF-FATEC, 1997. 217 p.

\_\_\_\_\_. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria - RS: UFSM/ CEPEF-FATEC, 1993. 348 p.

\_\_\_\_\_. Forma de tronco e sortimento para *Pinus elliottii* Engelm., da floresta nacional de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. Curitiba – PR. **Acta For. Bras.**, v.1, 1986. p.43-64.

\_\_\_\_\_. **Betriebswirtschaftliche und Ertragskundliche Grundlagen der Forteinrichtung in Südbrasilien am Beispiel von *Pinus elliottii***. Diss. d. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 1984. 190p.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. S. P. & FLEIG, F.D. **Subsídio para o manejo da acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild)**. Santa Maria - RS: UFSM/ CEPEF-FATEC, 2000. 71 p.

SCHNEIDER, P. R. & OESTEN, G. **Tabelas auxiliares para o manejo florestal de *Pinus elliottii* Engelm. e de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, para o planalto médio, Rio Grande do Sul**. Santa Maria - RS: CEPEF/FATEC. 1999. 118p.

SCHNEIDER, P. R., FINGER, C. A. G., KLEIN, J.E.M., TOTTI, J. A. & BAZZO, J.L. Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus*

grandis Maiden. para o Estado do Rio Grande do Sul. Santa Maria – RS. **Ciência Florestal**. v.7, n.1, 1996. p.85-91.

SCHNEIDER, P. R., FINGER, C.A.G., MENEZER, L.F., KLEIN, J. E. **Fundamentos de planejamento da produção para o manejo florestal de *Eucalyptus grandis* (Hill.) Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith**. Santa Maria - RS: CEPEF/FATEC. 1988. 179 p.

SCHNEIDER, P. R. & SILVA, J. A. Teste de equações para predizer a espessura de casca e fator K para acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild). **Revista Florestal**, 10(2): 1979. p.5-11.

SCHUSTER, E.M.. **Planejamento experimental da primeira intervenção de desbaste em teca (*Tectona grandis* L.f.) em plantio com 5(cinco) anos de idade, no Município de Santo Antonio do Leverger – MT**. FENF-UFMT, 1999. 75p. (Monografia final de Curso de Graduação em Engenharia Florestal).

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal – Medição e Volumetria de árvores**. Lavras – MG: UFLA/FAEPE/DCF, 1998a. 310p.

\_\_\_\_\_. **Biometria Florestal: Modelagem do crescimento e produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras – MG: UFLA/FAEPE/DCF, 1998b. 441 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal - Técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos da madeira**. Lavras – MG: UFLA/FAEPE/DCF, 1997a. 298 p.

\_\_\_\_\_. **Biometria Florestal – Métodos para classificação de sítios florestais**. Lavras – MG: UFLA/FAEPE/DCF, 1997b. 151p.

SELLE, G. L. **Influência dos fatores ambientais na classificação de sítio para *Pinus taeda* L., na região de Cambará do Sul, RS, Brasil**. Santa Maria - RS: UFSM. 1993. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.

SILVA, J.A. **Biometria e estatística florestal**. Santa Maria: UFSM, 1977. 235p.

\_\_\_\_\_. **Seleção de parcelas amostrais aplicadas em povoamentos de *Pinus taeda* L. para fins biométricos em Santa Maria - RS**. Santa Maria: UFSM, 1974. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, 1974.

SILVA, J.A. & PAULA NETTO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife, 1979. 185 p.

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

SPSS **Statistical Package for the Social Sciences: programa de computador, ambiente Windows**. Chicago, 1996. versão 7.5.1.

STREETS, R.J. **Exotic forest trees in the British Commonwealth**. Oxford, G.B., Clarendon Press. 1962. 750p.

TAKLE, G. G. & MUJUMDAR, R.. B. - Increasing Growth and Natural Reperation of Teak in Madhya Pradesh. Dhara Dum. **The Indian Forest**. nº94(12). 1968. p.897-902.

TEWARI, D.N. **Monograph on Teak (*Tectona grandis* Linn. F.)**. Dehra Dun - India, 1999. 478p.

TORQUATO, M. C. Inventário Florestal na Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara. I Simpósio Sobre Inventário Florestal. **Boletim Informativo** do IPEF, vol. 16, nº17. Piracicaba, SP.1978.55-100p.

TREVIZOL JUNIOR, T.L. **Análise de um modelo compatível de crescimento e produção em plantações de *Eucalyptus grandis* (W.Hill ex Maiden)**. Viçosa. MG. UFV, 1985. 74p. (Dissertação de Mestrado)

YADAV, J.S.P. & SHARMA, D.R. A Soil Investigation with reference to Distribution of Sal and Teak in Madhya Pradesh. **The Indian Forester**, vol. 94, nº12 Dehra Dun 1968. p.897-902.

VEIT, L.F. Dinheiro não cresce em árvore. **Silvicultura**, nº83, São Paulo: 2000. p. 38-39.

\_\_\_\_\_ Plante seu fundo de aposentadoria. **Silvicultura**, nº68, São Paulo: 1996. p. 20-22.

WAGENFUHR, R. Verbenaceae, *Tectona grandis* L.f. – Teak. **HOLZATLAS 4**, neubearberlete Auflage mit Zahbrichen Abbildungen. Fachbuchverlag Leipzig. Germany 1996. 668p.

ZANON, M. L. B., FINGER, C. A. G., SCHNEIDER, P. R., KLEIN, J. E. M., COELHO, M. C. B. Funções para descrever a relação altura diâmetro de *Eucalyptus dunnii* Maiden. Santa Maria – RS. **Ciência Rural**, v.26, n.1, 1996. p. 87-90.

## **ANEXOS**

UFSM		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA																			
CCR		DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS																			
DCFL		ANÁLISE DE TRONCO – MEDIÇÃO DOS ANÉIS																			
		FICHA 4																			
DISTRITO		TALHÃO		SECÇÃO		U. A.		ÁRVORE		FICHA N°		N° FICHAS		DATA DA MEDIÇÃO			SÍTIO		OBS.		
FATIA N°	R	CASCA	ANEL 1	ANEL 2	ANEL 3	ANEL 4	ANEL 5	ANEL 6	ANEL 7	ANEL 8	ANEL 9	ANEL 10	ANEL 11	ANEL 12	ANEL 13	ANEL 14	ANEL 15	ANEL 16	ANEL 17	ANEL 18	ANEL 19
	1																				
	2																				
	3																				
	4																				
	1																				
	2																				
	3																				
	4																				
	1																				
	2																				
	3																				
	4																				

UFSM –CCR-DCFL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS

ANÁLISE DE TRONCO – IDENTIFICAÇÃO DAS FATIAS

FICHA 3

DISTRITO			TALHÃO		SECÇÃO		U. A.		ÁRVORE		ESPÉCIE		DATA MED.		TIPO DE ÁRVORE		ALT. TOTAL		ALT. 1º GALHO VIVO		SÍTIO.		Nº FATIAS			
FATIA	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13	
ALTURA (m)																										
FATIA	24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36	
ALTURA (m)																										

TABELA 32 – Produção de teca na Índia em Sítio Bom(Kumar&Kumar, 1997)

<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>h<sub>100</sub> (m)</b>	<b>d<sub>g</sub> (cm)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>IMA (m<sup>3</sup>/ha/ano)</b>
	2500		3,0		
12,9	617	10,0	12,75	100	7,8
21,5	355	13,8	18,25	218,8	10,2
31,9	210	17,9	25,0	327,5	10,3
47,5	122	23,6	35,0	504,4	10,6
70,8	70	31,4	50,0	782,5	11,1

TABELA 33 – Produção de teca na Índia (Jha, 1999)

<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>G(m<sup>2</sup>/ha)</b>
5	2068	15,3
14	1022	32,6
30	682	54,9
33	630	

TABELA 34 – Produção de teca em Java (Kramer *et al.*, 1988)

<b>Sítio Bom</b>					
<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>h<sub>100</sub> (m)</b>	<b>d<sub>g</sub> (cm)</b>	<b>G (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>/ha)</b>
5	1110	15,4	11,6	11,7	73
20	160	30,5	39,2	19,3	264
40	90	38,5	59,9	25,4	419
60	75	43,5	71,1	30,0	537
80	70	47,4	78,6	34,0	640
100	70	50,4	82,2	37,1	724

TABELA 35 – Produção de teca em Benin (Houayé, 1993)

<b>Sítio 1 (Ruim)</b>					
<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>h<sub>100</sub> (m)</b>	<b>d<sub>g</sub> (cm)</b>	<b>G(m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>/ha)</b>
5	2034	6,7	5,8	4,95	10,8
10	1301	9,2	8,5	6,92	20,6
15	1002	11,0	10,7	8,42	30,1
20	833	12,5	12,6	9,68	39,3
25	721	13,7	14,3	10,78	48,3
30	641	14,9	15,8	11,77	57,3
35	581	16,0	17,3	12,69	66,1
40	533	16,9	18,6	13,53	74,8
<b>Sítio 3 (Médio)</b>					
<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>h<sub>100</sub> (m)</b>	<b>d<sub>g</sub> (cm)</b>	<b>G(m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>/ha)</b>
5	1148	10,0	9,5	7,60	24,7
10	735	13,6	14,1	10,63	47,1
15	566	16,2	17,7	12,93	68,6
20	470	18,5	20,8	14,86	89,7
25	407	20,4	23,6	16,55	110,3
30	362	22,1	26,1	18,08	130,7
35	328	23,7	28,5	19,48	150,9
40	301	25,1	30,7	20,77	170,8
<b>Sítio 6 (Bom)</b>					
<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>h<sub>100</sub> (m)</b>	<b>d<sub>g</sub> (cm)</b>	<b>G(m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>/ha)</b>
5	638	15,0	15,9	11,82	57,7
10	408	20,4	23,5	16,53	110,0
15	314	24,4	29,6	20,11	160,4
20	261	27,7	34,8	23,11	209,6
25	226	30,6	39,5	25,74	258,0
30	201	33,1	43,7	28,11	305,6
35	182	35,5	47,7	30,28	352,7
40	167	37,7	51,5	32,30	399,4

TABELA 36 – Produção de teca em Porto Rico (Jha, 1999)

<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>G(m<sup>2</sup>/ha)</b>
24	955	20,9
37	674	19,7
40	386	30,3
44	509	37,8
45	487	39,7
47	525	46,2
49	732	25,9
50	469	26,6

TABELA 37 – Produção de teca em Trinidad e Tobago (Streets, 1962)

<b>Sítio (Médio)</b>				
<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>h<sub>100</sub> (m)</b>	<b>d<sub>g</sub> (cm)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>/ha)</b>
5	1500	12,8	9,7	35,6
10	750	16,5	14,6	105,9
15	500	19,5	19,4	150,8
20	370	21,6	23,4	195,9
25	270	23,8	26,7	229,8
30	210	25,3	29,1	258,3

TABELA 38 – Produção de teca em Trinidad e Tobago (Claves&amp;Fonseca, 1991)

<b>Sítio 1</b>					
<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>h<sub>100</sub> (m)</b>	<b>d<sub>g</sub> (cm)</b>	<b>G(m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>Vs/c (m<sup>3</sup>/ha)</b>
0	2196				
3	988	8	9	6	9
7	494	16	12	12	53
12	269	20	14	14	85
18	185	22	14	14	107
26	118	23	15	15	126
37	76	25	15	15	135
50	76	26	19	19	183
<b>Sítio 2</b>					
<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>h<sub>100</sub> (m)</b>	<b>d<sub>g</sub> (cm)</b>	<b>G(m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>Vs/c (m<sup>3</sup>/ha)</b>
0	2196				
3,5	988	8	9	7	13
9	494	15	17	12	51
17	269	18	24	13	83
25	185	20	31	14	99
36	118	22	39	14	113
50	118	23	45	19	159
65	118	23	49	22	191
<b>Sítio 3</b>					
<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>h<sub>100</sub> (m)</b>	<b>d<sub>g</sub> (cm)</b>	<b>G(m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>Vs/c (m<sup>3</sup>/ha)</b>
0	2195				
4,5	988	8	10	7	16
12	494	13	17	11	46
21	296	16	24	13	71
31	185	18	31	14	90
50	185	20	37	20	144
65	185	20	40	22	165
80	185	20	40	24	176

TABELA 39 – Produção de teca na Costa Rica (Machuca, 1997)

<b>Volume em m<sup>3</sup> para cada índice de sitio</b>			
<b>Idade</b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>
4	5,1	9,6	23,6
6	36,2		112,5
8		90,4	182,3
10	59,2	136,7	
12			297,7
14	118,8		

TABELA 40 – Produção de teca na Venezuela (Jha, 1999)

<b>Idade</b>	<b>N/ha</b>	<b>G(m<sup>2</sup>/ha)</b>
4	1308	7,6
6	1208	13,5
8	1275	19,1
9	850	38,0