



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

**DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE CERNE PRODUZIDO
EM ÁRVORES DE *Tectona grandis* L. f. EM MATO
GROSSO**

BRUNA RIBEIRO DE OLIVEIRA

CUIABÁ/MT
2014

BRUNA RIBEIRO DE OLIVEIRA

**DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE CERNE PRODUZIDO
EM ÁRVORES DE *Tectona grandis* L. f. EM MATO
GROSSO**

Orientador: Prof. Dr. Versides Sebastião de Moraes e Silva

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

CUIABÁ/MT
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

O48d Oliveira, Bruna Ribeiro de.
Determinação do volume de cerne produzido em árvores de
Tectona grandis L. f. em Mato Grosso / Bruna Ribeiro de Oliveira. --
2014
59 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Versides Sebastião de Moraes e Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação
em Ciências Florestais e Ambientais, Cuiabá, 2014.
Inclui bibliografia.

1. Análise de Tronco. 2. Afilamento. 3. Teca. I. Título.

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

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



FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: " Determinação do volume de cerne produzido em árvores de Tectona grandis L.f em Mato Grosso".

Autora: Bruna Ribeiro de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Versides Sebastião de Moraes e Silva

Aprovada em 21 de fevereiro de 2014.

Comissão Examinadora:




Prof. Dr. Roberto Chiaranda
UFMT



Dr. Marcos Antônio Camargo Ferreira
SEMA



Prof. Dr. Versides Sebastião M. Silva
UFMT (Orientador)



Profª. Drª. Edila Cristina de Souza
UFMT

Aos meus pais, Jose Ribeiro de Oliveira e Genise Maria Ribeiro de Oliveira e a minha irmã Bianca Ribeiro de Oliveira.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de sabedoria e amor, por me iluminar neste caminho e por atender meus pedidos em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais e minha irmã por todo amor e carinho, por sempre me incentivarem e não medirem esforços para me ajudar nesta caminhada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Versides Sebastião de Moraes e Silva pela confiança depositada, pela amizade construída, por ter acreditado em mim para desenvolvimento da pesquisa e que gentilmente se propôs a compartilhar do seu vasto conhecimento sobre ciência florestal.

As minhas amigas de mestrado Jeane Cabral da Silva, Juliana Vieira da Silva, Diana Carolina Martínez Sánchez pelos momentos de descontração e amizade, durante os dias de trabalho que fora delas também.

A Soely Ovidio de Miranda pela grande amizade.

A Fabricia Rodrigues da Silva pela colaboração com a coleta dos dados.

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

A sociedade mato-grossense, por meio da Universidade Federal de Mato Grosso – Faculdade de Engenharia Florestal, por ter disponibilizado a oportunidade de continuar meus estudos.

Por fim, a todos, que de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo Geral.....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 <i>Tectona grandis</i> L. F.	15
2.2 Análise de Tronco.....	17
2.3 Volume	19
2.4 Relação Hipsométrica.....	20
2.5 Função de Afilamento	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Área de Estudo	23
3.1.1. Localização e Acesso.....	23
3.1.2 Caracterização Física.....	23
3.2 Descrição do Plantio	24
3.3 coleta de dados.....	25
3.3.1 Cubagem	25
3.3.2 Análise completa de tronco	27
3.4 Perfil	30
3.5 Determinação dos Volumes das Árvores Amostra.	30
3.6 Modelo de Afilamento	31
3.7 Volume	33
3.8 Relação Hipsométrica.....	34
3.9 Critérios de Avaliação e Escolha dos Modelos.....	34
3.9.1 Erro Padrão da Estimativa	35
3.9.2 Coeficiente de Determinação Ajustado (R^2_{Aj})	35
3.9.3 Coeficiente de Variação	36
3.9.4 Valor de F	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Perfil Médio.....	37
4.2 Porcentagem de Cerne.....	39
4.3 Equação de Volume.....	40
4.4 Relação Hipsométrica.....	43
4.5 Função de Afilamento	45
4.6 Volume relativo	46
4.7 Tabela de Volume.....	48
5. CONCLUSÃO	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MODELOS VOLUMÉTRICOS	33
TABELA 2 - MODELO DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA	34
TABELA 3 - PORCENTAGEM DO VOLUME DE CERNE EM RELAÇÃO AO VOLUME COM CASCA.....	39
TABELA 4 – COEFICIENTES E PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA AS EQUAÇÕES DE VOLUME AJUSTADAS PARA OS DADOS	40
TABELA 5 - MODELOS, COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS PARA RELAÇÕES HIPSOMÉTRICAS.....	43
TABELA 6 - COEFICIENTE E PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA A EQUAÇÃO DE AFILAMENTO AJUSTADAS PARA OS DADOS.....	45
TABELA 7 - TABELA DO CALCULO DO VOLUME RELATIVO FORNECIDO PELA EQUAÇÃO	46
TABELA 8 - TABELA DE VOLUME DE CERNE DE <i>Tectona grandis</i> L. F.	49

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PERFIL LONGITUDINAL OBTIDO POR ANÁLISE DE. FONTE: FINGER (1992).....	18
FIGURA 2 – PLANILHA DE CONTROLE DE DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES A SEREM CUBADAS.....	26
FIGURA 3 - SÊQUENCIA DE ATIVIDADES PARA COLETA DE DADOS PARA CUBAGEM	27
FIGURA 4 - SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES PARA COLETA DE DADOS PARA ANÁLISE DE TRONCO	29
FIGURA 5 - PERFIL MÉDIO	37
FIGURA 6 - PERFIL DA ÁRVORE GERADO PELA ANÁLISE DE TRONCO	38
FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS PARA EQUAÇÕES DE VOLUME	41
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS PARA MODELOS DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRIA	44
FIGURA 9 - GRÁFICO DO VOLUME RELATIVO OBTIDO PELA EQUAÇÃO ...	47

RESUMO

OLIVEIRA, Bruna Ribeiro de. **Determinação do volume de cerne produzido em árvores de *Tectona grandis* L. f. em Mato Grosso**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. Orientador Prof. Dr. Versides Sebastião de Moraes e Silva.

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de determinar mediante ajuste de modelos para expressar a quantidade de cerne produzido em função da idade e do sítio; determinar a relação existente entre volume com casca para o volume de cerne produzido e o volume total com casca e sem casca da árvore; avaliar a função de afilamento que permite relacionar o perfil da árvore com casca, sem casca e perfil do cerne. Os dados foram obtidos de árvores individuais para a realização da análise de tronco completa selecionadas em povoamentos de teca (*Tectona grandis*) estabelecidos no município de Alta Floresta – MT. Foram retiradas uma amostra de 40 árvores distribuídas nos diferentes sítios como diferentes idades. Com os dados permitiu – se ajustar os modelos hipsométricos, volumétricos, de afilamento para estimar a produção de cerne. Com resultados desse trabalho têm-se a equação de Prodan para explicar a relação entre altura e diâmetro; para estimar volume a equação selecionada foi a de Schumacher – Hall, o polinômio do 5º grau para a função de afilamento. Diante dos resultados obtidos pode-se inferir que é possível mediante modelo matemático estabelecer uma relação dendrométrica existentes que permitiu estimar o volume de cerne a partir do dap com casca e a altura total.

Palavras-chave: análise de tronco; afilamento; teca

ABSTRACT

OLIVEIRA, Bruna Ribeiro de. **Determining the volume of the core produced in trees *Tectona grandis* L. f. in Mato Grosso.** 2014 Dissertation (Master's degree in Forest and Environmental Sciences). Federal university of Mato Grosso, Cuiabá-MT. Advisor: Prof. Dr. Versides Sebastião de Moraes e Silva.

This study was conducted with the objective of determining by adjustment of individual tree volume equation for the amount of heartwood produced according to age and site; determine the relationship between bark volume for volume heartwood produced and total volume with bark and without bark; evaluate the function of taper that allows relating the profile tree with pods, shelled or core profile. The data were obtained by analysis technique trunk full of stands of teca (*Tectona grandis*) established in the municipality of Alta Floresta – MT. 40 is sampled trees distributed in different sites as different ages. Hypsometric, volumetric, tapering models were fitted to estimate the output of the heart. With results of this work have to Prodan equation to explain the relationship between height and diameter, to estimate the volume of the selected equation was Schumacher - Hall, the 5th degree polynomial function to taper. Based on these results it can be inferred that it is possible to establish a mathematical model through the relationship between volume with bark and heartwood volume.

Keywords: stem analysis; taper; teca.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil vem se destacando no setor de florestas plantadas por apresentar um grande potencial de crescimento, potencial este relacionado ao menor custo e ciclo de produção, e maior produtividade; apresenta ainda vantagens sobre outros países devido às condições naturais favoráveis.

Atualmente, o Brasil possui cerca de 6,7 milhões de hectare de florestas plantadas, principalmente dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* e que são responsáveis pelo suprimento de quase a metade da demanda do mercado brasileiro de madeira (ABRAF, 2013).

Segundo a Associação Brasileira de Florestas Plantadas (ABRAF, 2013), em 2012 o consumo brasileiro de madeira em tora proveniente de plantios florestais foi de 182,4 milhões de metros cúbicos que representou um acréscimo de 7,2% em relação ao de 2011.

Uma espécie que vem se destacando no setor florestal, é a teca (*Tectona grandis*). Espécie originária da Ásia, a teca tem ganhado destaque mundial por apresentar características desejáveis para construção civil (portas, janelas, lambris, painéis, forros), assoalhos e decks, fabricação de móveis de luxo e lâminas decorativas devido a beleza peculiar.

Os principais plantios desta espécie são encontrados nos estados de Mato Grosso, Pará e Roraima, destacando - se Mato Grosso como pioneiro nos plantios.

A área somada dos plantios nessas regiões no ano de 2010 foi de 65.440 ha, com um aumento considerável em 2012 que expandiu a área plantada para aproximadamente 67.329 ha (ABRAF, 2013).

O rápido crescimento dos indivíduos e a formação de fuste retilíneo estimularam o plantio em larga escala nestas regiões para a produção de madeira serrada visando principalmente o mercado exterior, destacando – se por apresentar maior perspectiva de retorno dos investimentos em plantios intensivos no Estado (SHIMIZU et al., 2007).

O cerne tem característica comercial e econômica importante, estas características influenciam positivamente o preço da madeira e também a qualidade da madeira serrada. O seu uso é preferido onde requeira durabilidade e resistência mecânica.

Na teca a diferença entre cerne e alburno é bastante evidente, sendo facilmente distinguidos pela cor. A quantidade de cerne está relacionada com a idade da árvore e às práticas silviculturais, de forma que o aumento da taxa de crescimento não altera a formação de cerne de árvores de teca (KOKUTSE et al., 2004).

Devido a grande importância econômica do cerne, por ser a porção da madeira que determina o valor pela sua produção, obter sua estimativa é fundamental para determinar o rendimento de madeira serrada e, conseqüentemente, o seu valor comercial.

Os modelos matemáticos utilizados para descrever o afilamento do fuste com ou sem casca, constituem em alternativas que podem subsidiar a obtenção de informações fundamentais para quantificar e determinar o rendimento de madeira serrada, levando em consideração que o cerne apresente tendência similar ao observado no fuste (LEITE et al., 2011).

1.1 Objetivo Geral

Determinar o volume de cerne produzido em árvores de *Tectona grandis* L. f. mediante ajuste de equação de volume para árvores individuais.

1.2 Objetivos Específicos

a) Determinar a relação entre volume com casca para o volume de cerne produzido e o volume total com casca e sem casca da árvore;

b) Avaliar a função de afilamento que permite relacionar o perfil da árvore com casca, sem casca e perfil do cerne.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Tectona grandis* L. f.

Segundo An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants: APG II (2003) a espécie *Tectona grandis* L. f., pertence à família Lamiaceae.

Denominada comumente por teca, palavra portuguesa, derivada do grego tekton, significando carpinteiro. Grandis, em latim, possui o significado de grande, nobre. Conhecida comercialmente por Teca, Teak ou Djati (Índia, Inglaterra, Siam, Indonésia, Birmânia, Estados Unidos), Ojati (Java), May Sak (Laos), Teck (França), Tiek (Alemanha) (COSTA, 2011).

A área de ocorrência natural situa - se entre 10° N e 25° N no Subcontinente Índico e Sudeste Asiático, abrangendo maior parte da Península da Índia, grande parte do Myanmar, e parte de Laos e Tailândia (LAMPRECH, 1990; WEAVER, 1993; COSTA, 2011).

A espécie apresenta grande porte, chegando até 35 metros de altura, raramente alcançando valores acima de 45 metros, e DAP de 100 cm ou mais. Apresenta tronco geralmente cilíndrico e frequentemente bifurcado, casca mole que atinge 15 mm de espessura, desprendendo geralmente em longas faixas verticais e tem sabor amargo (LAMPRECHT, 1990).

As folhas da teca são de disposição opostas, elípticas ou obovadas, coriáceas e ásperas ao tato, base arredondada, pecíolos curto e robusto, ápice e base agudos. As folhas, em média, possuem 20 a 50 centímetros de comprimento e 15 a 40 centímetros de largura (BEBARTA, 1999).

Logo após o aparecimento das folhas, a árvore passa por um período de intenso crescimento e diminui ao longo da estação chuvosa ate estagnar no próximo período seco. Esse ritmo de crescimento confere a madeira de teca suas melhores propriedades (LORENZI et al., 2003).

Suas flores são monoicas, brancas e pequenas, dotadas de pecíolos curtos, dispostas em grandes e eretas inflorescências do tipo panícula de até 40 x 35 cm; são recobertas por pelos finos, tendo um cálice de cor cinza-pálido, com seis lóbulos. Abrem poucas horas depois do amanhecer e o melhor período para a polinização ocorre entre as 11:30 h e 13:00 h. (LAMPRECHT, 1990; WEAVER, 1993).

No Brasil a floração da teca pode ser observada entre os meses de dezembro e março. O fruto é constituído por uma membrana fina, que reveste uma estrutura esférica de 5 a 20 mm de diâmetro. O fruto também pode ser usado como material de propagação, pois é difícil remover as sementes do interior do caroço (BEZERRA, 2009).

O alborno estreito e claro é bem distinto do cerne, de coloração marrom viva e brilhante. A madeira de elevado valor útil e de acentuada beleza, tem coloração uniforme marrom dourada, que uma vez exposta ao ar livre adquire um tom mais escuro (LAMPRECHT, 1990).

O cerne mostra uma cor amarelo dourado denso e escuro, é extremamente durável, não deforma ou racha. A durabilidade do cerne compara – se á aroeira, sendo por isso empregada no meio rural como poste, mourão esticador, vara de curral e outros. A durabilidade dessa madeira é de considerável interesse para os reflorestadores (BEBARTA, 1999).

A espécie tolera uma grande variedade de climas, porém cresce melhor em condições tropicais moderadamente úmidas e quentes. Grande parte da área de distribuição natural da teca se caracteriza por climas do tipo monzonal, com precipitação entre 1.300 e 2.500 mm por ano e estação seca de 3 a 5 meses. Porém, a espécie suporta precipitações baixas de 500 mm/ano até altas intensidades pluviométricas de até 5.100 mm/ano; seu melhor desenvolvimento ocorre em regiões onde a temperatura mínima varia de 13° C a 17 ° C e máxima entre 39° C a 43° C. (WEAVER, 1993; PANDEY e BROWN, 2000).

A teca é uma espécie florestal exigente por luz e não tolera a sombra ou supressão da luz em qualquer fase de ciclo de vida. Para alcançar um adequado desenvolvimento, requer que não ocorra impedimento de luz sobre sua copa (PANDEY e BROWN, 2000).

Os plantios comerciais de teca no Brasil iniciaram – se no final da década de 60, implantados pela empresa Cáceres Florestal S.A., na região do município de Cáceres – Mato Grosso, onde as condições climáticas são similares as dos países de origem. No Brasil além das condições favoráveis, o solo de melhor fertilidade e tratos silviculturais mais adequados e intensos contribuíram para reduzir o ciclo de produção de 60 anos, na região de origem da teca, para apenas 25 anos, na região de Cáceres – MT (UGALDE e PÉRE, 2001).

2.2 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.

Análise de tronco (ANATRO) é uma técnica que possibilita o registro do crescimento passado de uma árvore, e que revela quanto ela cresceu em diâmetro e como mudou sua forma com o incremento do seu tamanho (HUSCH et al., 1982). Através desta técnica é possível a reconstrução de todo crescimento passado da árvore, levando em consideração cada ano de crescimento como uma árvore individual, com isso é possível obter um extenso conjunto de dados sobre o crescimento em diâmetro, altura e volume.

Para Campos e Leite (2009), análise de tronco é um procedimento utilizado para o estudo da história do crescimento em altura de uma árvore, também serve para conhecer o crescimento em diâmetro e volume.

A análise de tronco, enquanto ferramenta pode ser efetuada e forma completa ou parcial. Análise parcial de tronco (APT) é uma técnica não destrutiva que não necessita o corte da árvore, as amostras são obtidas das árvores em pé, como uso do trado de Pressler.

Análise completa do tronco (ACT) é um método destrutivo, onde as árvores selecionadas são derrubadas para retirada de seções do tronco em diferentes alturas absolutas e/ou relativas (FINGER, 1992; KOHLER, 2013).

A análise de tronco é uma técnica empregada em árvores nas quais os anéis de crescimento são visíveis, como os anéis das coníferas. Esses dados devem ser coletados, de preferência, no inverno, quando o crescimento vegetativo é menor, com isso contribui para diminuir eventuais erros. Dependendo da utilidade dos dados, a análise de tronco pode substituir o emprego de parcelas permanentes (CAMPOS e LEITE, 2009).

A Figura 2 representa o crescimento do tronco corresponde ao acúmulo de camadas de células sobrepostas em formas de cones, este acúmulo é originado pela atividade dos tecidos meristemáticos.

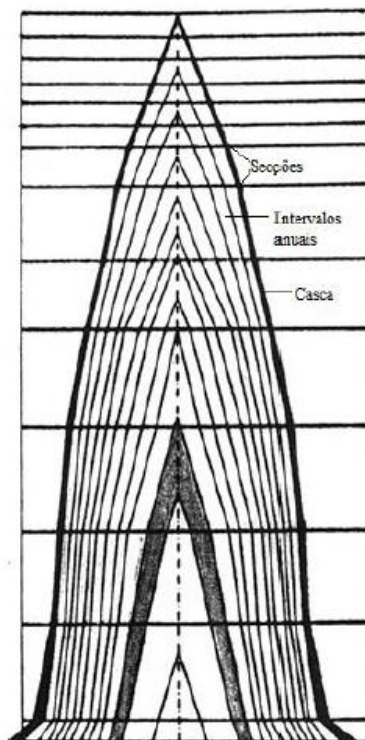


FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PERFIL LONGITUDINAL OBTIDO POR ANÁLISE DE. FONTE: Finger (1992).

Através da análise de tronco é possível obter uma grande gama de informações sobre todo o desenvolvimento da árvore, desde sua idade no momento da derrubada até dos diâmetros e alturas em todas as idades anteriores. (KOHLENER, 2013).

2.3 VOLUME

Georkiantz e Olsen (1955) afirmam que o mérito de uma equação de volume aumenta consideravelmente se ela possui poucas variáveis que sejam fáceis de mensurar com exatidão, que sejam altamente correlacionadas com o volume, tenham baixa correlação entre si e o volume estimado por árvores individuais se aproxime do volume calculado pela técnica padrão de cubagem da árvore abatida.

Veiga (1972) desenvolveu vários estudos para estimar volume através da utilização de equações volumétricas a partir de modelos aritméticos e logarítmicos. O mesmo autor comparou diversos modelos do ponto de vista Matemático e em relação à expressão da forma como terceira variável independente, concluindo que, estatisticamente, os modelos formais são mais precisos em relação aos não formais.

Segundo FAO (1981) é importante definir de forma clara e objetiva a que volume se faz referência, pois existem muitos casos em que a ausência de decisão pode provocar equívocos sobre estas referências, além de provocar errôneas tomadas decisão.

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

O volume de árvores tem sido estimado com certa facilidade e acuracidade empregando-se equações de volume, ajustadas quase sempre a partir de medições do diâmetro à altura do peito e da altura total (CONCEIÇÃO, 2004).

2.4 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

Prodan et al. (1997) consideram que a relação hipsométrica sofre influência do sítio, densidade, tamanho da copa, idade, espécie e da posição sociológica e, que a árvore se encontra no povoamento, diferindo, desta maneira, para árvores de classes sociológicas diferentes.

Drescher (2004) afirma que em se tratando de relação hipsométrica deve se considerar que em povoamento cujos sítios são bem delimitados, bem conduzidos e formados, espera – se uma forte correlação entre as variáveis altura e diâmetro, já que haverá maior homogeneidade na população considerada. Já em povoamentos mal conduzidos ou em sítios não muito bem definidos espera – se uma fraca correlação pela maior heterogeneidade da população.

Relação hipsométrica é definida por Soares et al., (2006) como a relação entre as alturas das árvores e seus DAPs. A expressão da altura da árvore em função do seu DAP é de fundamental importância nos procedimentos de inventário florestal. Esta relação pode ser expressa através de modelos de regressão, onde a altura pode ser estimada medindo apenas o seu DAP.

Ao empregar equações de volume ou de taper em áreas extensas de povoamentos equiâneos ou inequiâneos, é necessário estimar as alturas das árvores por meio de equações específicas, ajustadas com base de dados disponíveis a partir de modelos usualmente denominados hipsométricos (CAMPOS & LEITE, 2009).

A vantagem do uso das relações hipsométricas é que não precisa saber a idade das árvores, ou do povoamento, e tão pouco a qualidade de sítios. Assim como as equações de volume, se faz necessário também que ajuste várias relações hipsométricas para uma determinada base de dados, a fim de conseguir encontrar um modelo que consiga captar o máximo da relação diâmetro/altura, e posteriormente estimar com certa precisão a altura das demais árvores do povoamento, no qual foi medido apenas o diâmetro (MIGUEL, 2009).

2.5 FUNÇÃO DE AFILAMENTO

De acordo com Ahrens e Holbert (1981), função de afilamento é uma descrição matemática do perfil longitudinal de um tronco. Admitindo-se que a secção transversal seja circular em qualquer ponto ao longo do tronco, o seu volume pode ser obtido por integração daquela função. Portanto em termos geométricos, o tronco é tratado como um sólido de revolução. Uma vez definido um modelo matemático para o afilamento, pode-se determinar o volume de madeira entre quaisquer pontos ao longo do tronco. Desta maneira a natureza do algoritmo viabiliza a obtenção das estimativas de volume necessárias à multiplicidade de usos da madeira.

Segundo Prodan et al., (1997) os modelos de afilamento são funções que representam a variação diamétrica ao longo do fuste, em função do diâmetro e da altura. Assim como a função de volume, este tipo de equação pode incluir outras variáveis independentes, como a razão de copa.

Nos países com maior tradição florestal, o uso de funções de afilamento é uma técnica bastante difundida, constituindo um fator importante nas decisões de manejo e planejamento florestal (GUIMARÃES e LEITE, 1992).

O modelo de afilamento é uma importante ferramenta estatística que permite estimar três características básicas das árvores (PRODAN et al., 1997): Diâmetro a qualquer ponto do fuste; Altura do fuste onde se encontra um diâmetro limite especificado; Volume entre pontos qualquer do fuste ou a qualquer índice de utilização.

Souza (2007) afirma que as funções de *taper* ou de afilamento são excelentes opções para quantificar sortimento dos povoamentos. Proporcionam uma gama de informações que levam ao desenvolvimento de diferentes técnicas de modelagem do perfil dos fustes.

Segundo Campos e Leite (2009), existem vários modelos de afilamentos caracterizados como simples, segmentados e polinomiais. Modelos simples são aqueles em que uma única função representa a forma do fuste desde a base até o ápice. Modelos segmentados são mais

difíceis de serem trabalhados e constituem uma variação dos modelos polinomiais, sendo ajustados por seções do fuste, duas ou três seções. Esses modelos procuram diminuir erros de tendência nas estimativas dos diâmetros ao longo do fuste.

Os modelos polinomiais são caracterizados por ajuste de regressão entre a relação de diâmetros d_i/DAP e de alturas $(h_i/h)^n$, a variável dependente é dada pela razão entre os diâmetros superiores e o diâmetro medido a 1,30 m do solo. As variáveis independentes são expressas por razões de alturas comerciais e altura total. Como exemplos de modelos polinomiais pode-se citar o polinômio de quinto grau e o polinômio de potências inteiras e fracionárias (CAMPOS e LEITE, 2009).

No Brasil, as funções de afilamento têm sido usadas desde 1970, e a utilização destes modelos é consequência do desenvolvimento do setor florestal, onde o aprimoramento das técnicas de inventário e a flexibilidade de informação dos estoques de madeira despertam interesse no aperfeiçoamento das informações de inventários (RIOS, 1997).

O uso no Brasil cada vez mais diversificado de madeiras para celulose, madeira serrada e madeira laminada, em diferentes bitolas e comprimentos, estimula cada vez mais o uso das funções de afilamento, sendo necessário identificar quais variáveis podem auxiliar a eficiência dessas estimativas (FISCHER et al., 2001).

Existem vários modelos de afilamento encontrados na literatura e testados em inúmeras pesquisas com variadas espécies, como relatam os trabalhos mais recentes de Silva et al.; (2011), Yoshitani Junior et al.; (2012), Leite et al.;(2011),Môra (2011), Miguel et al., (2011), Favalessa et al., (2012), Souza et al., (2012),Kohler (2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1. Localização e Acesso

Os dados para este estudo foram obtidos em reflorestamentos de *Tectona grandis* L. f. (teca), na fazenda Céu Azul, pertencente à Refloresta Reflorestadora Ltda., localizada, no município de Alta Floresta – MT. A área do plantio está situada no entorno do ponto de coordenada geográfica 10° 02' 51" S e 56° 20' 18 W.

3.1.2 Caracterização Física

A região onde os povoados se encontram possui características de clima do tipo Aw, conforme a classificação de Köppen, ou seja, tropical chuvoso. O clima é caracterizado por duas estações sendo uma seca e outra chuvosa. A estação seca ocorre entre os meses de maio a setembro e a chuvosa entre os meses de outubro a abril.

A altitude não chega a influenciar nas temperaturas, sendo estas mais ou menos uniformes na região, mas o relevo pelo acúmulo de umidade e de material nas áreas deprimidas pode favorecer o estabelecimento de uma vegetação mais densa nas encostas.

Quanto às condições pluviométricas a região tem seu centro chuvoso com média anual de 2.750 mm na confluência dos Rios Juruena e Teles Pires (BRASIL, 1980).

A propriedade fica na bacia Rio Teles Pires que é o principal curso d'água da região. Na área do reflorestamento encontram-se pequenos cursos d'água sem denominação, sendo todos pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Teles Pires

A formação geológica da região é Pré-Cambriano Superior e Pré Cambriano Superior Médio a Superior, e na sua grande maioria formada pela unidade do Complexo Xingú e, uma parte menor próximo ao Rio Teles Pires, pelo Grupo Beneficente (BRASIL, 1980).

Segundo Brasil (1980) a característica geomorfológica regional pertencente à secção Teles Pires-Aripuanã que estende da margem esquerda do Rio Teles Pires até o Rio Aripuanã. É dada pela homogeneidade topográfica, pela dissecação predominantemente tabular (t) e pelo padrão geral de drenagem subdendrítico.

A cobertura vegetal original era tipo Floresta Ombrófila Aberta Tropical que ocorre associada a palmeiras e cipós. Esse tipo de vegetação era caracterizado pela presença de árvores de grande porte bastante espaçadas, pelo frequente grupamento de palmeiras e também pela enorme quantidade de fanerófitas sarmentosas. Dentre as espécies que eram encontradas na região com valor econômico destacam – se a castanheira (*Bertholletia excelsa*), mogno (*Swietenia macrophylla*) e cedro (*Cedrella odorata*).

3.2 DESCRIÇÃO DO PLANTIO

A área efetiva do plantio é 896,70 ha, particionada em três etapas de plantio, subdivididos em 28 talhões, distribuídos em quatro sítios. Sendo 8 talhões identificados com letras de “A” a “H” e 20 talhões identificados de 1 a 20.

A primeira etapa do plantio foi em 1997, onde foram plantados 176,62 ha, demarcados com letras sequenciadas de “A” a “H”. No ano de 1998 foram plantados mais 11 talhões, com 441,63 ha, demarcados por números de 1 a 11. Por ultimo, no ano de 1999 foram plantados mais 9 talhões com 278,456 ha, demarcados pela sequencia numérica dos talhões plantados no ano anterior, de 12 a 20. Os plantios foram sempre coincidentes com o período de chuvas da região entre dezembro a março.

A área do plantio foi efetivada com taxa de ocupação inicial do terreno de 1.667 e 1.100 árvores por hectare. O espaçamento adotado foi de 3x2 metros e o 3x3 metros, sendo no primeiro caso as distâncias entre as linhas das árvores com 3 metros e de 2 metros entre as árvores na mesma linha e para a taxa de lotação de 1.100 árvores o espaçamento é de 3 metros entre linhas e entre plantas na mesma linha.

De acordo com estudos realizados na propriedade, estimado com base na análise de tronco e no inventário realizado em 2007, o número de árvore por hectare varia de 378 a 700 árvores, refletindo a maior intensidade de desbaste de acordo com a idade, o que demonstra que alguns talhões sofreram desbaste de intensidade leve, de acordo com a idade do plantio.

3.3 COLETA DE DADOS

3.3.1 Cubagem

Para determinação do volume real das árvores individuais estruturou-se a sistematização por classe de diâmetro e altura. As árvores foram selecionadas em função do tamanho, de maneira a cobrir todas as classes de diâmetro e altura.

A sequência de amostragem das árvores individuais seguiu a sistemática com o preenchimento da planilha de controle de distribuição das árvores (Figura 2). As árvores cubadas obedeceram ao esquema com o propósito de estar representado na diagonal de todas as classes de diâmetro e altura.

Classe DAP (cm)	Classe de Altura (m)								Total
	11,0 -13,0	13,0-15,0	15,0-17,0	17,0-19,0	19,0-21,0	21,0-23,0	23,0-25,0	25,0-27,0	
Classe 1= (5,1-10,0)									
Classe 2= (10,1-15,0)		2	2	1					5
Classe 3= (15,1-20,0)		2	1	5	4	1			13
Classe 4= (20,1-25,0)		1	1	1	7	1	1		12
Classe 5= (25,1-30,0)				1		2	5		8
Classe 6= (30,1-35,0)							1	1	2
Classe 7= (35,1-40,0)									
Classe 8= (40,1-45,0)									
Total		5	4	8	11	4	7	1	40

FIGURA 2 – PLANILHA DE CONTROLE DE DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES A SEREM CUBADAS

Foram cubadas 40(quarenta) árvores com idades variando de 14 a 16 anos, com características de árvores dominantes distribuídas nas diferentes variações de sítios de forma que a amostragem fosse a mais homogênea possível.

A área em estudo tem sua classificação da capacidade produtiva dividida em quatro sítios. O sítio classificado como I tem seu índice de produtividade local (IS) com 22,42 metros, o IS II tem altura de 20,92 metros, o IS III tem altura de 19,42 metros e o IS IV com 17,92 metros.

Após a seleção das árvores amostra, estas foram abatidas e medidas as circunferências do tronco nas diferentes alturas do solo, a saber: 0,10; 1,0; 1,3; 2,0; 3,0; 4,0 m e assim sucessivamente até a altura onde o diâmetro era igual a 5 cm (Figura 3). A altura total foi tomada onde o ápice do fuste mediu 5 cm de diâmetro, valores estabelecidos com o uso da fita métrica.



FIGURA 3 - SÊQUENCIA DE ATIVIDADES PARA COLETA DE DADOS PARA CUBAGEM: (A) Seleção da árvore amostra; (B) Derrubada da árvore dominante; (C) e (D) Medida da altura com fita métrica da base ate o ápice do fuste.

3.3.2 Análise completa de tronco

Para a análise de tronco, foi empregada a metodologia descrita por Barusso (1977). As fatias foram retiradas em posição fixas a 0,10; 1,0; 1,30; 2,0 m, e depois em distâncias de 1,0m até a altura total. A

espessura da fatia foi de aproximadamente 5 cm (Figura 4). Na presença de nós, as amostras no fuste foram deslocadas para os entre – nós.

Para determinar o volume total de cerne foi necessário determinar a posição da altura total na árvore onde cerne termina. A metodologia aplicada em campo foi determinar o comprimento real do cerne em cada árvore cubada.

Em cada árvore cubada mediu-se o intervalo do tronco entre as fatias onde o diâmetro mínimo de cerne foi de 5 cm, estas deveriam ser cortadas ao meio para visualizar o termino do cerne, e com a ajuda de uma trena medir a altura final do cerne.

Foram anotados em ficha de medição de campo próprias (Anexo A), as alturas, circunferências e espessura de casca de cada fatia, além da altura total e da altura de cerne.

Depois de cortadas, as fatias foram marcadas com lápis carbono azul, sendo identificada a altura de coleta das fatias no tronco, o número da árvore e a que sítio pertencia. As fatias foram transportadas em sacos de estopa para o local de secagem, onde foram secas a sombra por um período médio de 30 dias, posteriormente trazidos até o laboratório de Manejo florestal da Universidade federal de Mato Grosso para serem lixadas e medidas (Figura 4).

Em cada disco efetuou-se a marcação de 4 raios em 90 graus entre si, sendo que após escolhido o maior raio a partir do anel mais externo, gira-se 45 graus no sentido anti-horário, e a partir deste marcam-se os 4 raios que deverão formar 2 diâmetros formando 90 graus entre si.(Figura 4-L).

A medição foi feita sobre os quatro raios marcados nas fatias. Com o auxílio de uma régua comum, de forma que o zero coincidissem com a medula da fatia, foi medida a espessura do cerne, do alburno e da casca. Os valores de cada espessura em cada raio foram anotados em Fichas de medições (Anexo B), utilizadas para o presente estudo.



FIGURA 4 - SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES PARA COLETA DE DADOS PARA ANÁLISE DE TRONCO: (A) Medida de CAP; (B) Marcação da altura dos discos; (C), (D) e (E) Retirada dos discos; (F) e (G) Marcação do número da árvore e a altura da seção no disco; (H) Árvore deixada em campo depois da retirada dos discos; (I) Armazenamento dos discos em sacos; (J) Secagem dos discos em um galpão; (K) Discos organizados em sequência no laboratório para leitura dos raios; (L) Marcação dos 4 raios para leitura.

3.4 PERFIL

Para a geração do perfil das árvores amostras, utilizou – se planilhas estruturadas no programa estatístico Excel que possibilitou a criação do perfil para cada árvore individualmente.

Ao digitar as medidas tomadas dos raios de cada seção, foi gerado automaticamente em outra planilha no mesmo arquivo um gráfico representativo do desenho do afilamento do fuste das 40 (quarenta) delimitados por cores.

Através do perfil é possível relacionar a altura e o diâmetro com casca, diâmetro do cerne mais o alburno e, por ultimo o diâmetro do cerne.

3.5 DETERMINAÇÃO DOS VOLUMES DAS ÁRVORES AMOSTRA.

O volume real 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 ; ln = comprimento das seções, em metros.

As saídas resultantes desse processamento foram, volume total com e sem casca.

3.6 MODELO DE AFILAMENTO

Foi ajustado um modelo de afilamento para as árvores amostra com a finalidade de obter a estimativa dos volumes de cerne ao longo do tronco das árvores, nas diferentes idades. O modelo avaliado foi o Modelo polinomial não segmentado do quinto grau. Abaixo é apresentado o modelo descrito para o ajuste e suas expressões de volume.

$$\frac{d_i}{d_{1,3}} = \beta_0 + \beta_1 \frac{hi}{h} + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{hi}{h}\right)^5 + e_i$$

Sendo:

β_i = parâmetros a serem estimados;

d_i = diâmetro tomado as diferentes alturas h_i ao longo do fuste;

$d_{1,3}$ = diâmetro a 1,3 m de altura (DAP);

h = altura total do fuste (m);

h_i = altura até uma seção i do fuste (m);

e_i = erro de estimativa.

Isolando-se d_i , obtém-se a função de afilamento pela qual se estima o diâmetro correspondente a qualquer altura na árvore, desde que fornecido o seu diâmetro a 1,3m e a altura total.

$$d_i = dap \left(\beta_0 + \beta_1 \frac{hi}{h} + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{hi}{h}\right)^5 \right) \quad (1)$$

Para integrar a função e obter – se a expressão que permite a estimativa dos volumes, faz-se a seguinte simplificação:

$$C_0 = \beta_0; \quad C_1 = \frac{\beta_1}{h}; \quad C_2 = \frac{\beta_2}{h}; \quad C_3 = \frac{\beta_3}{h}; \quad C_4 = \frac{\beta_4}{h}; \quad C_5 = \frac{\beta_5}{h}$$

Feita a simplificação, a expressão (1) assume a forma:

$$d_i = D(c_0 + c_1 h_i + c_2 h_i^2 + c_3 h_i^3 + c_4 h_i^4 + c_5 h_i^5) + e_i \quad (2)$$

O volume (v) do sólido de revolução foi obtido pela integração de suas áreas seccionais (g_i) entre o limite inferior (h_1) e o superior (h_2) que se desejou estabelecer. No caso de uma árvore, se o volume total é desejado, então $h_1 = 0$ e $h_2 =$ altura total da árvore. A representação da integral é mostrada a seguir:

$$v = \int_{h_1}^{h_2} g_i \delta H \rightarrow v = \int_{h_1}^{h_2} \frac{\pi \cdot d_i^2}{40000} \delta H \rightarrow v = k \int_{h_1}^{h_2} d_i^2 \delta H \quad (3)$$

em que:

$$k = \frac{\pi}{40000}$$

d_i = diâmetro correspondente a qualquer altura h_i , ao longo do fuste da árvore;

Substituindo (2) em (3), tem-se:

$$v = k * D^2 * (c_0 + c_1 h_i + c_2 h_i^2 + c_3 h_i^3 + c_4 h_i^4 + c_5 h_i^5)^2 \delta h_i \quad (4)$$

Integrando (4), obtém – se a expressão que propicia a obtenção do volume correspondente a qualquer porção da árvore, além do volume total:

$$v = k * D^2 + \left[\frac{1}{11} c_5^2 h_i^{11} + \frac{1}{5} c_4 c_5 h_i^{10} + \frac{1}{9} (2 c_5 c_3 + c_4^2) h_i^9 + \frac{1}{8} (2 c_3 c_4 + 2 c_5 c_2) h_i^8 + \frac{1}{7} (2 c_2 c_4 + 2 c_5 c_1 + c_3^2) h_i^7 + \frac{1}{6} (2 c_1 c_4 + 2 c_3 c_2 + 2 c_5 c_0) h_i^6 + \frac{1}{5} (c_2^2 + 2 c_4 c_0 + 2 c_1 c_3) h_i^5 + \frac{1}{4} (2 c_3 c_0 + 2 c_1 c_2) h_i^4 + \frac{1}{3} (c_1^2 + 2 c_2 c_0) h_i^3 + c_0 c_1 h_i^2 + c_0^2 h_i \right]$$

O modelo foi ajustado para o grupo total de dados, contendo todas as árvores de todas as idades e nos diferentes sítios. Os valores das estimativas dos parâmetros foram testados pelo t de student, a 5% de probabilidade, de modo a verificar efeito significativo dessas estimativas na equação de ajuste das variáveis em estudo.

3.7 VOLUME

Com os dados obtidos na cubagem foram calculados os volumes individuais para cada uma das árvores amostra. Os dados destas árvores serviram de base para ajuste dos modelos de volume relacionados na Tabela 1

TABELA 1 - MODELOS VOLUMÉTRICOS

Nº	Modelos	Autor
1	$\log(v) = b_0 + b_1 \cdot \log(d)$	Husch
2	$\log(v) = b_0 + b_1 \cdot \log(d) + b_2 \cdot \log(h)$	Schumacher - Hall
3	$\log(v) = b_0 + b_1 \cdot \log(d) + b_2 \cdot \log^2(d) + b_3 \cdot \log(h) + b_4 \cdot \log^2(h)$	Prodan
4	$v = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 \cdot (d^2 \cdot h) + b_3 \cdot h$	Stoate
5	$v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot (d \cdot h) + b_4 \cdot (d^2 \cdot h) + b_5 \cdot h$	Meyer
6	$v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot (d \cdot h) + b_4 \cdot (d^2 \cdot h)$	Meyer Mod.
7	$v = b_0 + b_1 \cdot (d^2 \cdot h)$	Spurr
8	$v = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 \cdot (d^2 \cdot h) + b_3 \cdot (d \cdot h^2) + b_4 \cdot h$	Naslund Mod.
9	$v = b_0 + b_1 \cdot d^2$	Kopecky Gehrhardt

Nota: v = volume, m³/ha; h = altura total; d = diâmetro a altura do peito; b₀, b₁, b₂, b₃, b₄, b₅ = coeficientes; IS = índice de sítio.

3.8 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

Para o ajuste da relação hipsométrica, utilizaram-se dados de altura e diâmetro de cerne, obtidos das 40 árvores cubadas. Os modelos utilizados neste trabalho foram selecionados na literatura e estão descritos na Tabela 2.

TABELA 2 - MODELO DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

N°	Modelos	Autor
1	$\log(h) = b_0 + b_1 \cdot \log(1/d)$	Custis
2	$\log(h) = b_0 + b_1 \cdot \log(d)$	Stoffels
3	$h - 1,3 = \frac{d^2}{\beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 d^2}$	Prodan
4	$h = b_0 + b_1 \cdot d$	Linha reta
5	$h = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2$	Parabólico

Nota: Ln = logaritmo natural; h = altura; d= diâmetro; β_0 , β_1 , β_2 = coeficiente e serem estimados.

3.9 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E ESCOLHA DOS MODELOS

Com o objetivo de selecionar o melhor modelo de regressão analisou-se o ajuste de cada equação comparativamente, observando-se os critérios estatísticos definidos pelo erro padrão da estimativa relativo ($S_{yx}\%$), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajus}), coeficiente de variação ($CV\%$), valor de F e a distribuição gráfica dos resíduos.

Através destes índices, o melhor modelo foi aquele que apresentou menor erro padrão da estimativa relativo ($S_{yx}\%$), maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajus}) e não apresentou tendência dos resíduos verificados na análise gráfica.

3.9.1 Erro Padrão da Estimativa

O erro padrão da estimativa indica a precisão do ajuste do modelo matemático e somente deve ser utilizado como comparador quando as variáveis dependentes apresentarem mesma unidade de medida. O Erro Padrão da Estimativa (S_{yx}) é obtido através da fórmula:

$$S_{yx} = \sqrt{QM_{res}}$$

Onde: S_{yx} = erro padrão da estimativa; QM_{res} = quadrado médio do resíduo obtido na análise de variância .

Portanto, quando menor for o erro padrão da estimativa, melhor são as estimativas obtidas na equação.

3.9.2 Coeficiente de Determinação Ajustado ($R^2_{Aj.}$)

O coeficiente de determinação (R^2) expressa a quantidade de variação total explicada pela regressão. Como o coeficiente de determinação aumenta à medida que se inclui uma nova variável ao modelo matemático, foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{Aj.}$) para o número de coeficientes da equação, como critério de seleção do modelo. O Coeficiente de Determinação Ajustado ($R^2_{Aj.}$) é obtido através da fórmula:

$$R^2_{Aj.} = R^2 - \left[\frac{K-1}{N-K} \right] * (1 - R^2)$$

Onde: $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação; K = número de coeficientes da equação; N = número de observações.

Quanto mais próximo de 1 (um) forem os valores dos coeficientes de determinação melhor será o ajuste da linha de regressão.

3.9.3 Coeficiente de Variação

O Coeficiente de Variação (CV) é uma medida de dispersão, utilizada para estimar a precisão dos experimentos. Representa o erro padrão da estimativa (S_{yx}) expresso em porcentagem em relação à média aritmética da variável dependente (\bar{y}). Um CV é considerado baixo (indicando um conjunto de dados razoavelmente homogêneo) quando for menor ou igual a 25%. Entretanto, esse padrão varia de acordo com o experimento realizado. O Coeficiente de Variação (CV%) é obtido pela fórmula descrita abaixo.

$$CV\% = \frac{S_{yx}}{\bar{y}} * 100$$

Onde: CV% = coeficiente de variação em porcentagem; S_{yx} = erro padrão da estimativa; \bar{y} = média aritmética da variável dependente.

3.9.4 Valor de F

O valor de F tem por finalidade testar o efeito conjunto das variáveis explicativas sobre a variável dependente. Isso significa verificar se pelo menos uma das variáveis explicativas do modelo exerce efetivamente influência sobre a variável dependente.

O valor de F calculado na análise de variância das equações foi utilizado como um dos parâmetros estatísticos para a seleção do melhor modelo matemático.

3.9.5 Distribuição Gráfica dos Resíduos

A análise gráfica de distribuição dos resíduos entre a variável dependente observada e a estimada é de fundamental importância, pois possibilita certificar o ajuste de equação ao longo de toda a amplitude dos dados observados. Através desta análise é possível detectar tendências de ajuste na escolha do melhor modelo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PERFIL MÉDIO

Para a construção do perfil médio de crene foi utilizado os dados organizados para ajuste de afilamento. O perfil médio mostra as modificações na forma geométrica das árvores durante o seu desenvolvimento. A curva foi construída estimando – se a relação média d/d_{ap} para uma dada altura relativa média (h/ht), das árvores distribuídas em cada classe de sítio.

O perfil médio obtido é apresentado na Figura 5, ilustrando a relação média (d/d_{ap} ; h/ht).

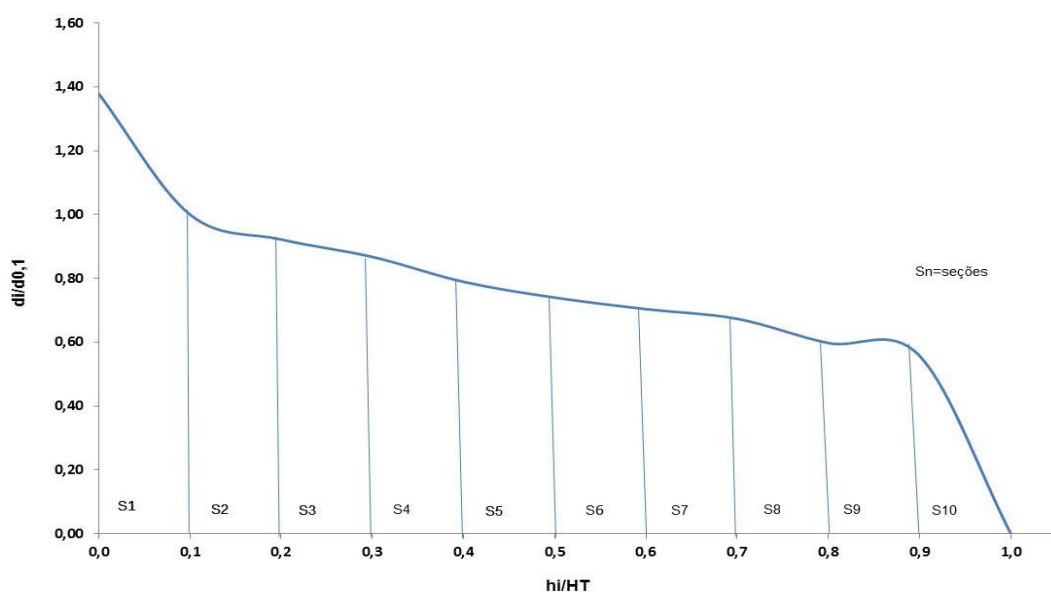


FIGURA 5 - PERFIL MÉDIO

A Figura 6 mostra o perfil de crescimento em diâmetro e altura para árvores com idade variando de 14 a 16 anos distribuídas nas quatro classes de sítio existentes na área de estudo. Cada linha do gráfico representa o comportamento do crescimento em relação a árvore com casca, do alburno e do cerne.

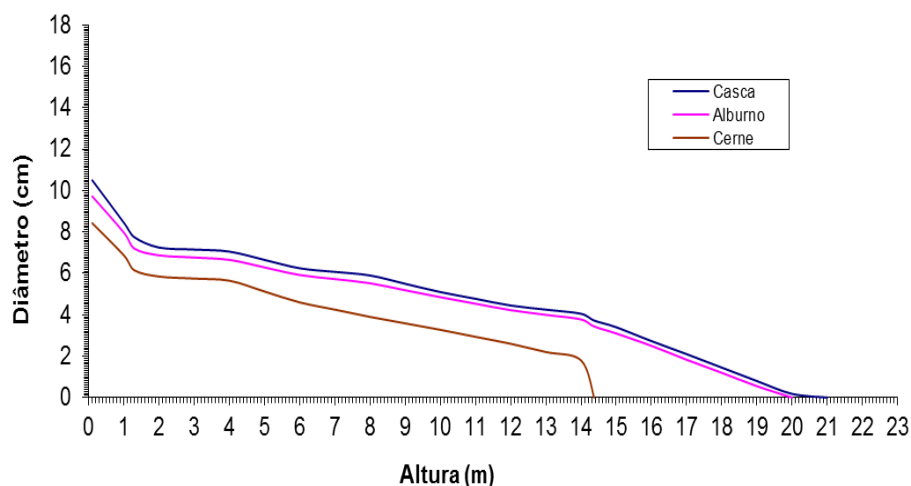


FIGURA 6 - PERFIL DA ÁRVORE GERADO PELA ANÁLISE DE TRONCO

Para os maiores diâmetros, observa-se que a quantidade de cerne também é maior, ao passo que a quantidade de alburno e casca diminui. Um maior percentual de cerne nas árvores pode ser atraente à produção de madeira serrada quando a aparência da madeira for um fator importante.

A quantificação dos volumes de cerne e alburno em árvores de teca é importante para conhecer melhor a madeira. Pois maiores teores de alburno indicam maior tratabilidade e menor resistência natural, ao passo que maiores teores de cerne resultam em melhor tonalidade da madeira e maior resistência natural; e maiores teores de casca resultam em menores rendimentos na utilização do tronco (LEITE et al.; 2011).

Este tipo de técnica para demonstrar o comportamento do crescimento e a forma do tronco por afilamento é uma técnica antiga já consagrada e muito utilizada no meio florestal, como demonstra os trabalhos de Schneider et al., (1996), Fischer et al., (2001), Figueiredo et al., (2006), Leite et al., (2006), Miguel et al., (2011)

4.2 PORCENTAGEM DE CERNE

Através do perfil médio da árvore estimado por meio dos dados obtidos na análise do tronco foi possível estabelecer a relação da porcentagem do volume de cerne em relação ao volume total da árvore com casca. Na Tabela 3 estão relacionados a porcentagem de cerne para cada árvore cubada.

TABELA 3 - PORCENTAGEM DO VOLUME DE CERNE EM RELAÇÃO AO VOLUME COM CASCA

Sítio	Árvores										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
I	51	55	40	53	48	51	46	54	52	51	50,1
IV	58	46	48	59	28	-	50	39	55	43	47,33
III	47	39	49	32	39	44	38	31	57	33	40,9
IV	24	49	43	35	35	20	45	21	41	34	34,7

A relação de porcentagem foi calculada para cada árvore individualmente organizada de acordo com a classificação da produtividade local estabelecido na coleta das mesmas. Para o sítio I a média da porcentagem do volume de cerne em relação ao volume total foi de 50,1%, para o sítio II esta mesma relação foi de 47,33%, já para o sítio III 40,9% e para o sítio IV 34,7% (Tabela 3).

Com base nos dados observados, os percentuais de cerne tem relação proporcional com o sítio. Locais com característica superior de produtividade tem maior produção de volume de cerne em relação ao volume total com casca.

Leite et al.,(2011) constatou ao estudar afilamento de cerne de teca que os percentuais de cerne e casca variam respectivamente de 10 a 50% e de 10 a 35%, valores próximos ao encontrado neste estudo.

Cordero e Kanninem (2003) observaram para árvores de teca entre 5 e 47 anos, na Costa Rica, que a proporção de cerne aumentou logaritmicamente para incrementos do Dap, ao contrário do alburno, que reduziu com o aumento no diâmetro.

4.3 EQUAÇÃO DE VOLUME

Na Tabela 4 são apresentados os coeficientes obtidos através dos ajustes das equações de volume.

TABELA 4 – COEFICIENTES E PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA AS EQUAÇÕES DE VOLUME AJUSTADAS PARA OS DADOS

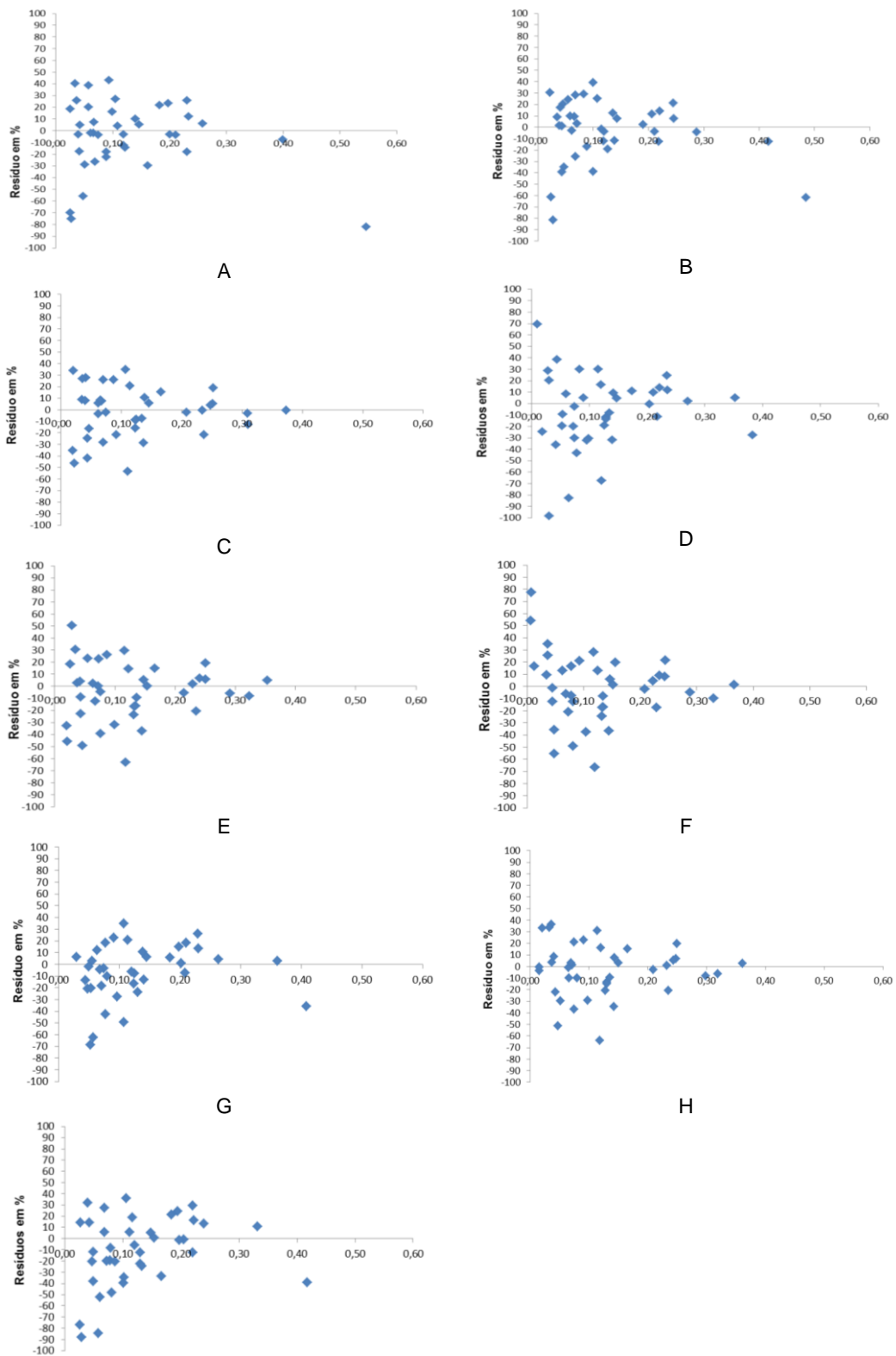
Equação	Autor	Coeficientes						R ² _{ajus}	S _{yx}	F
		β ₀	β ₁	β ₂	β ₃	β ₄	β ₅			
1	Husch	-10,9292	2,9476					0,882	0,280	287,64
2	Schumacher - Hall	-12,6005	2,3689	1,1362				0,904	0,252	181,67
3	Prodan	-6,2325	12,3692	-1,7311	-13,2404	2,487		0,921	0,229	112,23
4	Stoate	-0,0970	0,0000	0,0000	0,0060			0,895	0,029	113,20
5	Meyer	0,3088	-0,0220	-0,0001	0,0025	0,0000	-0,0290	0,928	0,024	100,43
6	Meyer Mod	-0,2758	0,0408	-0,0015	-0,0005	0,0000		0,925	0,025	119,04
7	Spurr	0,0000	0,0000					0,890	0,030	309,53
8	Nasludh	0,0619	0,0086	0,000	0,0000	-0,0148		0,934	0,023	136,85
9	Kopecky	-0,0289	0,0004					0,852	0,035	220,78

Nota: Coeficiente de determinação ajustado (R²_{aj}), Erro padrão da estimativa (S_{yx}) e valor de F para os modelos de volume ajustados para a espécie na área em estudo.

Constata - se que os modelos apresentaram resultados similares, com ajuste (R²_{aj}) variando de 0,85 a 0,92, demonstrando que a variação total dos dados foi explicada pelos modelos. Demonstra também um alto grau de ajuste de descrição da variável dependente (volume) pelas variáveis independentes (dap, altura).

Baixos valores para o erro padrão de estimativa (S_{yx}) o que indica pouca dispersão relativa entre os valores observados e estimados ao longo da linha de regressão. De acordo com a estatística F, este parâmetro se mostrou bastante elevado em todas as equações, indicando que há evidências que as variáveis independentes explicam a variável dependente.

Na Figura 7, pode-se verificar o comportamento da distribuição dos resíduos entre o volume observado e o volume estimado pelas equações em função do diâmetro à altura do peito.



I
 FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS PARA EQUAÇÕES DE VOLUME: (A) HUSCH; (B) SCHUMACHER - HALL; (C) PRODAN; (D) STOATE; (E) MEYER; (F) MEYER MOD.; (G) SPURR; (H) NASLUHD; (I) KEPEZKY

O gráfico de resíduos é de grande importância na escolha dos modelos, este mesmo critério não deve ser observado isoladamente, mas sim aliados aos valores do R^2 ajustado e do S_{yx} , de forma a verificar o comportamento do modelo matemático em toda a linha de regressão (AZEVEDO et al., 2011).

A análise dos gráficos contidos na figura 7 mostra o modelo de Schumacher – Hall como o mais adequado para descrever o volume, seguido pelo de Prodan, por apresentarem ajuste satisfatório, baixo coeficiente de variação e erro padrão, e distribuição homogênea ao longo do eixo do volume estimado, atendendo os critérios exigidos para seleção da melhor equação.

Resultado semelhante ao deste trabalho foi o encontrado por Drescher (2004) que ao ajustar uma série de modelos para estimar volume para teca no estado de Mato Grosso, concluiu que o modelo de Schumacher – Hall foi considerado o melhor.

Thomas et al., (2006), comparando equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco encontrou valores superiores de R^2_{aj} variando de 0,95 a 0,99 para ajuste de dados obtidos por análise de tronco. O ajuste superior pode ser explicado pela espécie utilizada e pela quantidade de árvores amostra coletadas para análise de tronco.

Ainda este mesmo autor conclui através da análise dos parâmetros estatísticos e da observação gráfica dos resíduos que o modelo de Schumacher – Hall apresentou o melhor desempenho nas estimativas de volume para dados oriundos de análise de tronco.

Trabalhos como o de Drescher (2004), Novaes (2009) e Silva (2012) confirmam o modelo de Schumacher – Hall como o mais utilizado para estimar o volume de teca em Mato Grosso, pelo bom ajuste de dados em relação aos dados obtidos nessa região.

Tonini et al., (2009) ao ajustar 5 modelos de volume para 122 árvores de *Tectona grandis*, no município de Iracema –PR, concluiu que o modelo de Schumacher - Hall apresentou melhor precisão estatística.

Gorgens et al., (2009) estudando a estimação do volume de árvores através de redes neurais com dados obtidos de cubagem de teca no estado de Mato Grosso, definiu como procedimento padrão o ajuste do modelo de Schumacher – Hall pra comparar a eficiência da estimativa de

volume por redes neurais pelo bom ajuste do modelo em relação a estimativa de volume.

Cruz (2005) ao ajustar equações de volume para teca na região de Tangará da Serra no estado de estado de Mato Grosso utilizou o modelo de Schumacher – Hall para obter equações de volume. A equação foi obtida com R^2 ajustado igual a 0,984 e estimativa livre de tendências.

4.4 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

Os valores dos coeficientes (β_0 , β_1 , β_2), o coeficiente de determinação ($R^2_{aj.}$), o erro padrão da estimativa (S_{yx}), o coeficiente de variação (CV%) e a estatística de F são apresentados na Tabela 5:

TABELA 5 - MODELOS, COEFICIENTES E ESTATÍSTICAS PARA RELAÇÕES HIPSOMÉTRICAS

Equação	Autor	Coeficientes			R^2_{ajus}	S_{yx}	CV%	F
		β_0	β_1	β_2				
1	Curtis	3,3715	-13,538		0,618	0,153	1,10	62,55
2	Stoffels	0,4818	0,7310		0,582	0,160	1,15	54,02
3	Prodan	28,8799	-1,9269	0,0961	0,828	4,908	35,23	92,94
4	Linha Reta	5,0020	0,4726		0,543	2,173	15,57	46,16
5	Parabólico	-5,9213	1,6041	-0,0273	0,612	2,002	14,37	62,55

Nota: β_0, β_1 e β_2 = coeficientes do modelo; $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV% = Coeficiente de variação; F = Estatística calculada

Observa-se na Tabela 5 que todos os modelos apresentaram coeficiente de determinação ajustado superior a 0,50, com destaque ao modelo de Prodan, que obteve $R^2_{aj.}$ igual a 0,828.

Os modelos apresentaram erro padrão da estimativa (S_{yx}) variando de 0,153 a 4,908, sendo que o modelo de Curtis apresentou o menor valor. Quanto ao coeficiente de variação, o menor valor observado ocorreu no modelo de Curtis e o menor no de Prodan.

Em relação à estatística F, este parâmetro foi significativo para todos os modelos, destacando-se o modelo de Prodan, indicando que há

evidências que as variáveis independentes explicam a variável dependente.

Na figura 9, pode-se verificar o comportamento da distribuição dos resíduos entre a altura observada e a altura estimada pelas equações em função do diâmetro a altura do peito. Observa-se pela análise do gráfico que foi verificada a ausência de tendências nas estimativas das alturas e uma dispersão homogênea dos resíduos.

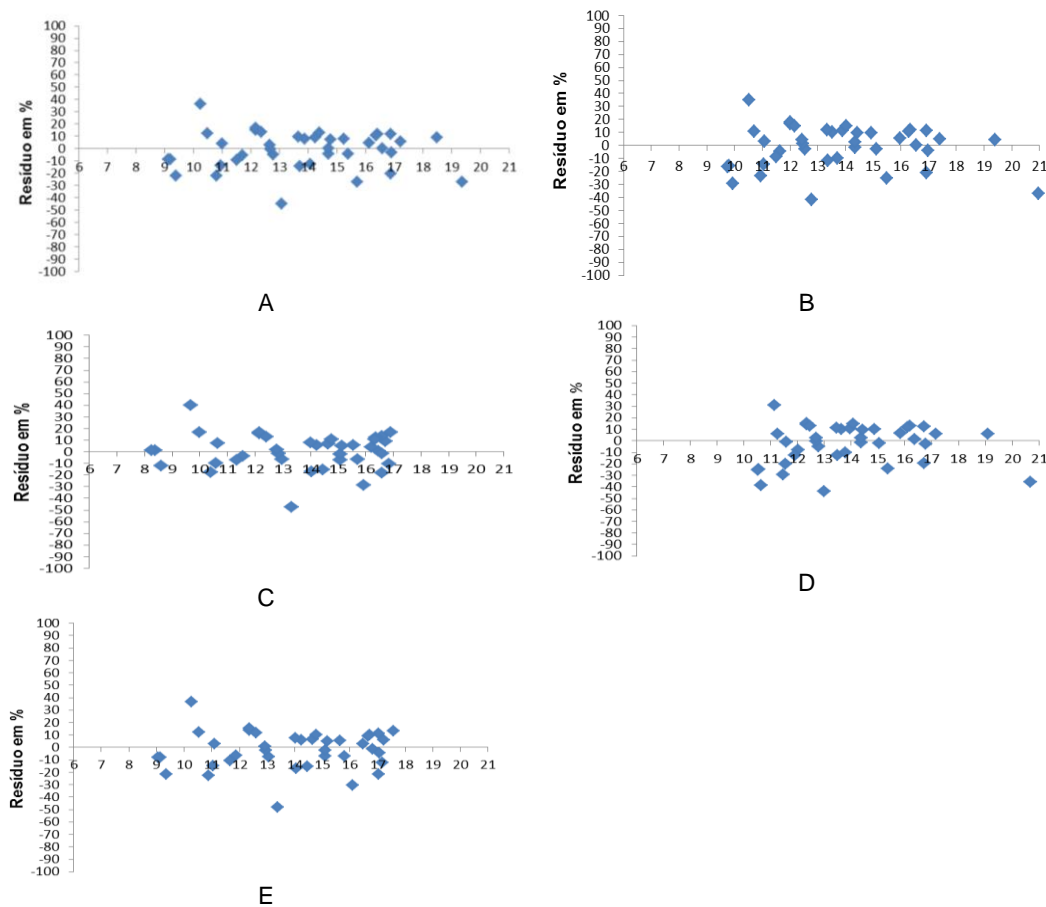


FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS PARA MODELOS DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA: (A) CURTIS; (B) STOFFELS; (C) PRODAN; (D) LINHA RETA; (E) PARABÓLICA

A análise da Tabela 5 e da Figura 9 aponta o modelo de Prodan como o mais adequado para descrever a relação hipsométrica, por apresentar uma superioridade no R^2_{ajus} e não apresentar tendência de superestimar ou subestimar ao longo do crescimento em altura.

Silva (2012) ao estudar a o crescimento e a produção um povoamento florestal de *Tectona grandis* testou vários modelos para a relação hipsométrica e considerou o modelo de Prodan como o mais adequado.

Diversos trabalhos sobre relação hipsométrica foram realizados em povoamentos florestais de *Tectona grandis*, como os de Drescher (2004), Rossi et al. (2011), Silva (2012), Vendruscolo et al. (2013).

4.5 FUNÇÃO DE AFILAMENTO

A função de afilamento testada foi ajustada para amostra contendo todos os dados de cerne, independente da idade e do sítio. Na Tabela 6 são apresentados os parâmetros estatísticos para o modelo do polinômio do quinto grau testado para todos os dados, com o respectivo erro padrão da estimativa em porcentagem (S_{xy} %), coeficiente de determinação ajustado (R^2 aj) e valor de F.

TABELA 6 - COEFICIENTE E PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA A EQUAÇÃO DE AFILAMENTO AJUSTADAS PARA OS DADOS

Equação	Autor	Coeficientes						R^2_{ajus}	S_{yx}	F
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5			
1	Pol. 5º grau	1,3244	-5,2480	26,0613	-64,3702	72,1882	-29,9505	0,968	0,057	2620,54

O polinômio do 5º grau apresenta um grande numero de casos onde mostra a estabilidade desta equação em estimar o diâmetro ao longo do fuste.

Yoshitani Junior et al. (2012) ao estudar a função de afilamento concluiu que a equação polinomial do quinto grau proporcionou aos dados estimativas precisa de diâmetro e altura.

Kohler. (2013) ao estudar modelos de afilamento constatou que o polinômio do 5º grau mostrou-se adequado para expressar o perfil do tronco, entretanto, subestimou os diâmetros na porção superior do tronco.

Através da metodologia descrita foi possível obter uma análise de uma equação de estimativa acurada e com mais uniformidade ao longo do tronco. A equação do polinômio do 5º grau foi uma opção preferida e acredita – se que levara a menores erros médios dos volumes ao longo do fuste.

Alguns estudos para estimar o afilamento de *teca* utilizaram modelos polinomiais para estimar o diâmetro ao longo do fuste como os de Figueiredo et al. (2006), Leite et al. (2011), Favalessa et al. (2012).

4.6 VOLUME RELATIVO

O volume relativo foi obtido pela aplicação do polinômio do 5º grau através da equação:

$$\frac{d_i}{d_{1,3}} = 1,3244 + \left(-5,2480 \left(\frac{hi}{h}\right)\right) + 26,0613 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 + \left(-64,3702 \left(\frac{hi}{h}\right)^3\right) + 72,1882 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 + \left(-29,9505 \left(\frac{hi}{h}\right)^5\right) e_i$$

Na Tabela 7 são apresentados os valores do volume relativo em porcentagem (%).

TABELA 7 - TABELA DO CALCULO DO VOLUME RELATIVO FORNECIDO PELA EQUAÇÃO

x	Vr	%vr
0,0	0,0000	0,00
0,1	0,1018	1,28
0,2	0,1744	2,18
0,3	0,2522	3,16
0,4	0,3670	4,60
0,5	0,5728	7,18
0,6	0,9618	12,05
0,7	1,6741	20,97
0,8	2,9032	36,37
0,9	4,9004	61,39
1,0	7,9828	100,00

Nota: X= altura relativa (hi/ht); Vr= volume relativo; %Vr= porcentagem do volume relativo em relação a altura relativa

A equação de regressão pode ser utilizada com segurança para árvores com DAP entre 18,62 cm a 44,56 cm e com altura 13,30 m a 25,50 m, pois esta é a amplitude dos dados que foram utilizados para obtenção dos valores para a determinação dos coeficientes da regressão que expressa a forma da árvore.

Dentro destes intervalos onde foram obtidos os dados de regressão para simulação de sortimento, pode-se estimar volumes com grande margem de segurança, uma vez que existe uma estreita correlação entre as duas variáveis (volume e altura).

O diâmetro de cerne pode ser estimado em função do diâmetro com casca por uma equação da reta, pois a razão é constante em torno de 2,4. A taxa de decréscimo é entorno de 2,33 a 2,80 por árvores.

A Figura 10 apresenta a relação entre o volume relativo em porcentagem obtido pela aplicação do polinômio do 5º grau e a altura relativa.

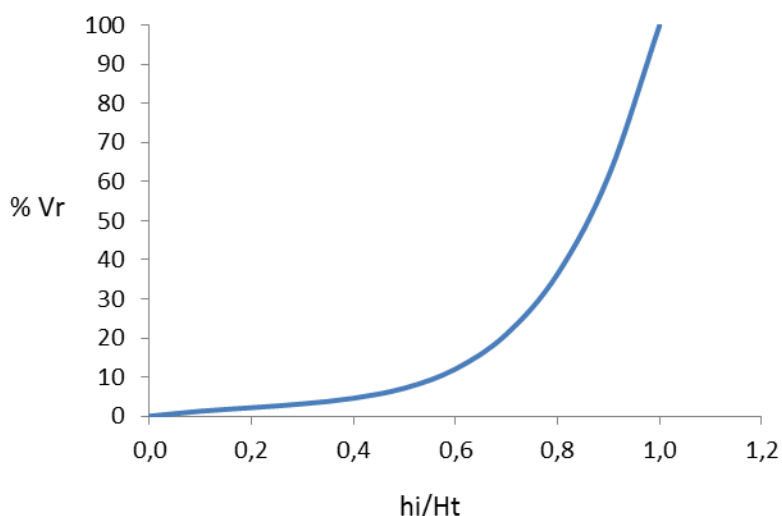


FIGURA 2 - GRÁFICO DO VOLUME RELATIVO OBTIDO PELA EQUAÇÃO

4.7 TABELA DE VOLUME

Na Tabela 8 são apresentados os volumes obtidos em um intervalo de classe de 2,5 a 47,5 cm de diâmetro e de 1 a 22 metros de altura do cerne.

O volume estimado para os intervalos citados acima foi obtido pela aplicação do modelo de Schumacher – Hall definido anteriormente como o modelo que melhor estima o volume por apresentar ajuste satisfatório, baixo coeficiente de variação e erro padrão, e distribuição homogênea ao longo do eixo do volume estimado.

$$\log(v) = 12,6005 + 2,3689 \cdot \log(d) + 1,1362 \cdot \log(h)$$

Selecionado a equação volumétrica de Schumacher – Hall foi possível confeccionar a Tabela 7 de dupla entrada, para *Tectona grandis* L. f. para Mato Grosso.

TABELA 8 - TABELA DE VOLUME DE CERNE DE *Tectona grandis* L. F.

Dap cerne (cm)	H cerne (m)												
	1	1,3	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
2,5	0,00002954	0,00003979	0,00006492	0,00014270	0,00022620	0,00031366	0,00040417	0,00049721	0,00059238	0,00068944	0,00078816	0,00088840	0,00099001
7,5	0,00039868	0,00053714	0,00087632	0,00192620	0,00305337	0,00423387	0,00545569	0,00671146	0,00799620	0,00930627	0,01063889	0,01199187	0,01336344
12,5	0,00133714	0,00180153	0,00293910	0,00646028	0,01024072	0,01420001	0,01829785	0,02250960	0,02681849	0,03121232	0,03568180	0,04021958	0,04481969
17,5	0,00296721	0,00399772	0,00652207	0,01433582	0,02272488	0,03151084	0,04060425	0,04995041	0,05951214	0,06926238	0,07918048	0,08925013	0,09945812
22,5	0,00538154	0,00725056	0,01182889	0,02600048	0,04121549	0,05715034	0,07364279	0,09059367	0,10793552	0,12561925	0,14360743	0,16187049	0,18038442
27,5	0,00865689	0,01166345	0,01902826	0,04182506	0,06630032	0,09193354	0,11846374	0,14573137	0,17362793	0,20207446	0,23101072	0,26038914	0,29017115
32,5	0,01285971	0,01732592	0,02826628	0,06213068	0,09848843	0,13656631	0,17597664	0,21648242	0,25792246	0,30017947	0,34316398	0,38680532	0,43104617
37,5	0,01804917	0,02431769	0,03967296	0,08720311	0,13823278	0,19167674	0,24699085	0,30384247	0,36200537	0,42131492	0,48164555	0,54289807	0,60499202
42,5	0,02427886	0,03271097	0,05336612	0,11730137	0,18594399	0,25783418	0,33224002	0,40871404	0,48695193	0,56673224	0,64788605	0,73027995	0,81380570
47,5	0,03159803	0,04257211	0,06945403	0,15266338	0,24199921	0,33556164	0,43239809	0,53192619	0,63374990	0,73758102	0,84319970	0,95043231	1,05913798

Nota: Dcerne = diâmetro de cerne; Hcerne = altura de cerne

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, pode – se inferir que:

Mediante ajuste de equações de volume para árvores individuais foi possível determinar o volume de cerne produzido em árvores de *Tectona grandis* L. f.

Foi possível determinar através do perfil médio a relação entre volume com casca para o volume de cerne produzido e o volume total com casca e sem casca da árvore;

O ajuste do polinômio do 5º grau para o conjunto total de dados apresentou estimativas acuradas ao longo do fuste, sendo, portanto, uma ferramenta valiosa para relacionar indiretamente e com precisão o perfil da árvore com casca, sem casca e o perfil do cerne.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: Ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013, 148 p.

AN UPDATE OF THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP CLASSIFICATION FOR THE ORDERS AND FAMILIES OF FLOWERING PLANTS: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London - GB, v. 141, n. 4, p. 399–436, 2003.

AHERNS, S.; HOLBERT, D. Uma função para forma de tronco e volume de *Pinus taeda* L. **Boletim de pesquisa florestal**. Colombo – PR, n. 3, p. 37 – 68, 1981.

ARCE, J. E. **Um sistema de análise, simulação e otimização do sortimento florestal em função da demanda por multiprodutos e dos custos de transporte**. 2000. 129 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

AZEVEDO, T. L.; MELLO, A. A.; FERREIRA, R. A.; SANQUETTA, C. R.; NAKAJIMA, N. Y. Equação hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp. localizado na FLONA do Ibura, Sergipe. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**, Recife - PE, v. 6, n. 1, p. 105-112, jan-mar, 2011.

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

BEBARTA, K.C. **Teak: Ecology, Silviculture, Management and profitability**. International Book Distributors, 1999. 379 p.

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

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Levantamento de recursos naturais. Folha SC. 21. Juruena; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso do potencial da terra. Rio de Janeiro: Gráfica Alvorada Ltda., 1980.

CAMPOS, J. C. C., LEITE, H. G. **Mensuração Florestal, Perguntas e Respostas**. 3. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 548 p.

CONCEIÇÃO, M. B. **Comparação de métodos de estimativas de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex- Maiden**. 2004. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.

CORDEIRO, L. D. P.; KANNINEN, M. Heartwood, sapwood and bark content, and wood dry density of young and mature teak (*Tectona grandis*) trees grown in Costa Rica. **Silva Fennica**, Vantaa, v. 37, n. 1, p. 45-54, 2003.

COSTA, K. L. **Crescimento de *Tectona grandis* (Teca) em sistemas silvicultural de talhadia composta em Minas Gerais**. 2011. 77 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.

CRUZ, J. P. **Crescimento e produção de *Tectona grandis* na região de Tangará da Serra – Mato Grosso**. 2005. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Viçosa, Viçosa - MG.

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

FAO. Manual of forest inventory. **FAO Forestry Paper**. Nº 27. Rome, 1981. 210 p.

FAVALESSA, C. M. C.; UBIALI, J. A.; CALDEIRA, S. F.; DRESCHER, R. Funções de afilamento não segmentadas e segmentadas para *Tectona grandis* na região centro-sul matogrossense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo - PR, v. 32, n. 72, p. 378-387, out/dez. 2012.

FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B. E.; HITCH, K. L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in Souther Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 83, p. 39-46, 1996.

FIGUEIREDO, E. O.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. Seleção de modelos polinomiais para representar o perfil e volume do fuste de *Tectona grandis* L.f. **Acta amazônica**, Manaus – AM, v. 36, n. 4, p. 465-482, 2006.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFMS, CEPAP – ATEC, 1992. 269 p.

FISCHER, F.; SCOLFORO, J.R.S, ACERBI JUNIOR, F.W.; MELLO, J.M.; MAESTRI, R. Exatidão dos modelos polinomiais não segmentados e das razões entre volumes para representar o perfil do tronco de *Pinus taeda*. **Ciências Florestais**, Santa Maria – RS, v. 11, n. 1, p. 167-188, 2001.

GEORKIANTZ, S.R.; OLSEN, L.P. Composite volume table for timber and their application in the Lake State. Washington - D.C: U. S. D. A., (**Technical Bull., 1104**), 1955. 51p.

GORGENS, E. B.; LEITE, H. G.; SANTOS H. N.; GLERIANI, J. M. Estimação do volume de árvores utilizando redes neurais artificiais. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 33, n. 6, p. 1141 -1147, 2009.

GRADUAL, L; KJAER, E.D.; SUANGTHO, V.; SAARDAVUT, P.; KAOSAR, A. Conservation of genetic resources of teak (*Tectona grandis*) in Thailand. In: LINN, F. **DFSC Series of Technical Notes**. Humlebaek: Danida Forest Seed Centre, 1999. 38 p.

GUIMARÃES, D. P.; LEITE, H.G. Um novo modelo para descrever o perfil do tronco. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 16, n. 2, p. 170-180, 1992.

HUSCH, B.; MILLER, I.C.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 3. ed. New York: J. Wiley, 1982. 402 p.

JORGE, L. A.B. Tabela de sortimento para *Pinus elliottii* engelm, na floresta nacional de três Barras – SC. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, p. 61-80, 1984.

JORGE, L. A. B.; LARA, H. A. Programa de sortimento de madeira serrada de povoamentos de *Pinus elliottii* com alternativas de produtos padronizados. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v.2, p. 539-544.

KOKUTSE, A.; BAILLERES, H.; STOKES, A.; KOKOU, K. Proportion and quality of heartwood in Togolese teak (*Tectona grandis* L.f.). **Forest ecology and management**, Amsterdam, v. 189, n. 1-3, p. 37-48, 2004.

KOHLER, S. V. **Evolução do afilamento do tronco e do sortimento em plantios de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina**. 2013, 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbórea, possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Berlim. Eschborn: GTZ, 1990. 343p.

LEITE, G. G.; GAMA, J. R. V.; CRUZ, J. P.; SOUZA, A. L. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (Roll.) Warb. **Revista Árvore**, Viçosa -MG, v. 30, n. 1, p. 99-106, 2006.

LEITE, G. H.; OLIVEIRA-NETO, R. R.; MONTE, M. A.; FARDIN, L.; ALCANTARA, A. M.; BINOTI, M. L. M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L.f.. **Scientia Forestalis**, Piracicaba - SP, v. 39, n. 89, p. 053-059, mar. 2011.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

MACHADO, S. A.; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FIGUEIREDO, D. J. Comparação de modelos de afilamento do tronco para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa* Schiede. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo - PR, n 48, p.41-64, jan./jun. 2004.

MIGUEL, E. PEREIRA.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E. Modelos polinomiais para representar o perfil e o volume do fuste de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás. **Floresta**, Curitiba - PR, v. 41, n. 2, p. 355-368, abr/jun. 2011.

MIGUEL, E.P. **Avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás**. 2009. 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná.

MÔRA, R. **Influência da forma de ajuste e do comprimento das seções no desempenho de funções de afilamento**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES.

MÜLLER, I. **Forma de tronco e sortimentos de madeira para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, Manejado em alto fuste, na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul**. 2004. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS.

NOVAES, D. M. **Modelagem e prognose em povoamentos de *Tectona grandis* a partir de análise de tronco**. 2009. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, A. S., **Qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Alta Floresta – MT**. 2006. 73 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG.

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

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

QUEIROZ, D. **Avaliação de funções de afilamento e sortimentos para *Minosa scabrella* Benth em povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba/PR**. 2006. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.

RIOS, M. S. **A eficiência das funções polinomiais, da função spline cúbica, e razões de volume para representar o perfil da árvore e estimar os sortimentos de *Pinus elliottii***. 1997. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, Lavras - MG.

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

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M.; TOTTI, J. A.; BAZZO, J. L. Forma de tronco e sortimento de madeira de *Eucalyptus grandis* Maiden para o estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 6, n. 1, p. 79-88, 1996.

SHIMIZU, J. Y.; KLEIN, H.; OLIVEIRA, J. R. V. **Diagnóstico das Plantações Florestais em Mato Grosso**. Cuiabá: Central do Texto, 2007. 33 p.

SILVA, F.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Equação de afilamento para descrever o volume total de fuste de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região do Triângulo Mineiro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba - SP, v. 39, n. 91, p. 367-376, set. 2011.

SILVA, F. R. **Crescimento e Produção de *Tectona grandis* L. f. em um plantio no município de Alta Floresta, Mato Grosso em Alta Floresta - MT**. 2012. 89f f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 276 p.

SOUZA, C.A.M., **Avaliação de modelos de *taper* não segmentado e segmentados na estimação da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* sp.** 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre – ES.

SOUZA, C. A. M.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; SILVA, G. F.; THOMAS, C. Eficiência de um modelo de afilamento ajustado sem e com estratificação por classe de quociente de forma para formação dos sortimentos de *Pinus taeda* L. **Ciências Florestais**, Santa Maria - RS, v. 22, n. 1, p. 125-135, jan-mar. 2012.

TONINI, H.; COSTA, M. C. G.; SCHWENGBER, L. A. M.; Crescimento de Taca (*Tectona grandis*) em reflorestamento na Amazônia Setentrional. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo – PR, n. 59, p. 05 -14, jul/dez. 2009.

THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v. 16, n. 3, p. 319-327, 2006.

UGALDE, L.; PÉREZ, O. Mean annual volume increment of selected industrial forest. **FAO, working paper FP/1**. Rome, Italy. April, 2001.

VEIGA, J.A.A. Comparações de equações de volume para *Eucalyptus saligna* Smith II - Equações aritméticas formais. Curitiba. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 4, n. 1, p. 95-104, 1972.

VENDRUSCOLO, D. G. S.; MEDEIROS, R. A.; CHAVES, A. G. S.; SILVA, F. T.; SOUZA, H. S. Relação hipsométrica para *Tectona grandis* L. f. (Teca) clonal e seminal em Figueirópolis d'oeste - MT. In: Congresso Florestal no Cerrado, Simpósio sobre Eucaliptocultura, 3., Goiânia. **Resumo Expandido...** Goiânia, Goiás, 2010. p. 97 - 98.

YOSHITANI JUNIOR, M.; NAKAJIMA, N. Y.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. A.; DRUSZCZ, J. P.; HOSOKAWA, R. T.; MELLO, A. A. Funções de afilamento para plantios desbastados de *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba - PR, v. 42, n. 1, p. 169-176, jan/mar. 2012.

WEAVER, P. L. *Tectona grandis* Linn f. Teak. New Orleans: U. S. Department of Agriculture, **Forest Service, Southern Forest Experiment Station**, 1993. 18 p.

ANEXOS

A: TABELA UTILIZADA EM CAMPO PARA COLETA DE DADOS DE ANÁLISE DE TRONCO

FAZENDA: CÉU AZUL				ANO DE CUBAGEM: 2012										DATA DA CUBAGEM:																			
ESPECIE: TECA				OBS:										PÁGINA: 01		SÍTIO:																	
RESP: Bruna Ribeiro																																	
ARV	0,00		1,00		1,30		2,00		4,00		6,00		8,00		10,00		12,00		14,00		16,00		18,00		20,00		22,00		24,00		HM	HT	HC
	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.	CIR	E.C.			
1																																	
2																																	
3																																	
4																																	
5																																	
6																																	
7																																	
8																																	
9																																	
10																																	
11																																	
12																																	
13																																	
14																																	
15																																	
16																																	
17																																	
18																																	
19																																	
20																																	
21																																	
22																																	
23																																	
24																																	
25																																	
26																																	
27																																	

**B: TABELA UTILIZADA EM LABORATÓRIO PARA MEDIR DADOS
OBTIDO EM CAMPO POR ANÁLISE DE TRONCO:**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO - UFMT

FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL - FENF

* Sítio

LABORATÓRIO DE MANEJO FLORESTAL

RESPONSÁVEIS: Bruna Ribeiro de Oliveira

DATA:

FAZENDA: CÉU AZUL

ÁRVORE: 01		SEÇÃO: 0		Ht:
RAIOS				OBS
	CERNE	ALBURNO	CASCA	
I				
II				
III				
IV				
MÉDIA				

ÁRVORE: 01		SEÇÃO: 1		Ht:
RAIOS				OBS
	CERNE	ALBURNO	CASCA	
I				
II				
III				
IV				
MÉDIA				

ÁRVORE: 01		SEÇÃO: 1,30		Ht:
RAIOS				OBS
	CERNE	ALBURNO	CASCA	
I				
II				
III				
IV				
MÉDIA				

ÁRVORE: 01		SEÇÃO: 2		Ht:
RAIOS				OBS
	CERNE	ALBURNO	CASCA	
I				
II				
III				
IV				
MÉDIA				