



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

RAPHAEL GOMES HOFFMANN

**CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E AVALIAÇÃO DO
RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO DE MADEIRA EM PLANTIOS DE
PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) NA REGIÃO
DE PARAGOMINAS, PA**

**JERÔNIMO MONTEIRO – ES
SETEMBRO – 2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E AVALIAÇÃO DO
RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO DE MADEIRA EM PLANTIOS DE
PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) NA REGIÃO DE
PARAGOMINAS, PA

RAPHAEL GOMES HOFFMANN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração Ciências Florestais e Linha de Pesquisa Manejo Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
SETEMBRO – 2009

DISSERTAÇÃO 0001

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

H698c Hoffmann, Raphael Gomes, 1983-
Caracterização dendrométrica e avaliação do rendimento em laminação de madeira em plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA / Raphael Gomes Hoffmann. – 2009.
97 f. : il.

Orientador: Gilson Fernandes da Silva.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Manejo florestal. 2. Dendrometria. 3. Lâminas de Madeira. 4. Ponderamento florestal – Rendimento. I. Silva, Gilson Fernandes da. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 63

**CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E AVALIAÇÃO DO
RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO DE MADEIRA EM PLANTIOS DE
PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Duck) NA
REGIÃO DE PARAGOMINAS, PA.”**

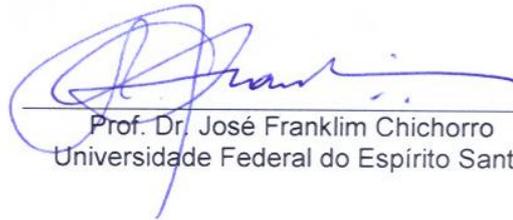
Raphael Gomes Hoffmann

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais na área de concentração Ciências Florestais.

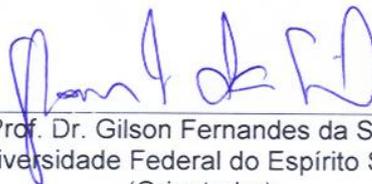
Aprovada em 18 de Setembro de 2009.



Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof. Dr. José Franklim Chichorro
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)

A Deus
À minha esposa
Aos meus pais e irmãos
Aos meus amigos

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por proporcionar mais uma conquista na minha vida.

À Universidade Federal do Espírito Santo, em especial ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais – PPGCF, pela oportunidade de realização deste grande feito.

À Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – FAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Gilson, pelo apoio científico, incentivo e confiança na realização deste trabalho.

Ao Grupo Concren, em especial o engenheiro Luciano Zaneti, por disponibilizar os dados para a experimentação.

Aos Professores colaboradores no julgamento deste estudo.

Aos docentes do PPGCF pela oportunidade de ampliar meus conhecimentos.

Aos meus grandes amigos de curso, Felipe “*Salva Brother*”, Ludmila “*Ludlaura*”, Rafaella “*Fafa*” e Rômulo “*Bitoca*”, pelos bons momentos que passamos juntos, pelo suporte nos momentos difíceis e porque vocês irão fazer falta.

Aos queridos Vinícius, Samira, Cristiane, Hélio, Renata, Octávio, Kennedy, Daiani, Lillianne, Daniel, Eduardo, João Paulo, Valéria, Talita, Leandro, Elter, Onair, Ronielly e a todos os demais que de alguma forma fizeram parte desta caminhada.

Ao grande amor da minha vida, minha esposa Ludimila Soares Hoffmann, por me apoiar e incentivar durante todos os momentos de dificuldade, sempre me confortando com palavras de incentivo e companheirismo.

À minha família pelo apoio concedido desde o início, em especial meus pais pela educação respeitosa. A meu pai Nivaldo Hoffmann por ter investido seu tempo e suor na minha educação, e à minha mãe Regina Célia Gomes Hoffmann por ter investido na minha vida em educação celestial.

Aos funcionários do CCA-UFES, especialmente as tias do RU e os motoristas de ônibus da linha CCA/NEDTEC.

A todos os demais que contribuíram de alguma forma para o sucesso dessa conquista.

"Tenha em mente que tudo que você aprende na escola é trabalho de muitas gerações. Receba essa herança, honre-a, acrescente a ela e, um dia, fielmente, deposite-a nas mãos de seus filhos".

(Albert Einstein, cientista alemão)

BIOGRAFIA

RAPHAEL GOMES HOFFMANN, filho de Nivaldo Hoffmann e Regina Célia Gomes Hoffmann, nasceu no dia 05 de fevereiro de 1983, no município de Vitória, capital do estado do Espírito Santo.

No ano de 2000 concluiu o ensino médio no Colégio Linus Pauling, no município de Serra/ES. Em 2001 ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, campus de Alegre, onde foi bolsista de Iniciação Científica pelo CNPq no ano de 2004, realizando pesquisa na área de manejo florestal, obtendo graduação em fevereiro de 2006.

Ainda em julho do mesmo ano, ingressou no Curso de Especialização em Engenharia do Meio Ambiente, obtendo título de Especialista em Dezembro de 2007.

Em março de 2008 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, em nível de mestrado, na Universidade Federal do Espírito Santo, submetendo-se à defesa de dissertação no dia 18 de setembro de 2009.

RESUMO

HOFFMANN, Raphael Gomes. **Caracterização dendrométrica e avaliação do rendimento em laminação de madeira em plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA.** 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Orientador: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva.

O objetivo deste estudo foi caracterizar a madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) quanto aos seus aspectos dendrométricos, e avaliar o rendimento em laminação de madeira nas idades de cinco, seis e sete anos. O estudo foi conduzido em plantios comerciais localizados no município de Paragominas, PA. Para isso, 180 árvores-amostra em espaçamento 4 x 4 m foram derrubadas e cubadas rigorosamente. Num segundo momento as toras foram divididas em toretes e os toretes foram laminados. Dessa forma foi possível visualizar as perdas no processo, verificar o rendimento médio em laminação de madeira para a espécie e avaliar possíveis influências das variáveis idade e classe de diâmetro. Em relação aos aspectos dendrométricos, foram abordadas as variáveis diâmetro, altura e fator de forma, para verificar se o crescimento da espécie pode se comparar a de outras, como no caso do eucalipto. Também foram testados modelos de volume total para estimar tanto o volume das árvores quanto o volume das lâminas de paricá. Além disso, foram testados modelos hipsométricos para estimar a altura total das árvores da espécie. Em relação às características dendrométricas, os resultados obtidos, nesta situação, mostraram que o paricá tem potencial para ser utilizado comercialmente na região estudada. A espécie teve um bom crescimento tanto em diâmetro quanto em altura, apresentando fator de forma médio superior a de espécies tradicionais como no caso do eucalipto. Quanto às equações de volume total, no geral, o modelo $V = \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} \varepsilon$ mostrou-se mais preciso tanto para estimar o volume das árvores quanto para estimar o volume das lâminas. Para os modelos hipsométricos, foi observado que em cada idade houve um modelo que fosse mais preciso para estimar a altura total das árvores de paricá. Para as idades de cinco, seis e sete anos foram respectivamente: $H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D)} \varepsilon$, $H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D^2)}$ e $H - 1,3 = \frac{D^2}{\beta_0 + \beta_1/D + \beta_2/D^2 + \beta_3/I} + \varepsilon$. Quanto ao rendimento em laminação, o paricá apresentou uma média de 50,31%, compatível com espécies de outros gêneros, obtendo menores perdas para árvores com maiores diâmetros. Em relação à idade, o paricá apresentou rendimentos em laminação superiores para as maiores idades provavelmente pelo fato das árvores apresentarem maiores diâmetros. Quanto à comparação estatística dos rendimentos na laminação de madeira de paricá, verificou-se que somente entre as idades de 5 e 7 anos houve diferença estatística pelo teste “t”. Verificou-se também uma influência do diâmetro no rendimento da laminação, sendo que o aumento de diâmetro promoveu o aumento de rendimento. Em relação aos modelos de volume avaliados para estimar a produção de lâminas, estes tiveram desempenhos semelhantes nas diferentes idades em termos de precisão, com ligeira vantagem para o modelo de Schumacher e Hall.

Palavras-chave: paricá, aspectos dendrométricos, rendimento

ABSTRACT

HOFFMANN, Raphael Gomes. **Wood dendrometric characteristics and evaluation of wood vanner performance in plantations of paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) in Paragominas region, PA.** 2010. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Adviser: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva.

The aim of this study was to characterize the paricá wood (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) and its dendrometric aspects and assess the yield in wood lamination at ages of five, six and seven years. The study was conducted in a commercial plantation located in the city of Paragominas, PA. For this purpose, 180 sample of trees spaced 4 x 4 m were cut down and scaled rigorously. In a second time the logs were divided into small logs and the logs were rolled. Thus it was possible to visualize the losses in the process, verify the average income in wood lamination for the species and to evaluate possible influences of age and diameter class. Comments on dendrometric were addressed the diameter, height and form factor, to check the growth of the species can be compared to other, such as eucalyptus. We also tested models for estimating both the total tree volume and volume of the layers of paricá. In addition, models were tested to estimate the hypsometric total height of the trees of the species. Regarding to the dendrometric characteristics the results obtained in this situation showed that the paricá has the potential to be used commercially in this region. The species had good growth in both diameter and height, showing average form factor than the traditional species as in the case of eucalyptus. As for the equations of total volume, in general, the model $V = \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} \varepsilon$ proved to be much more accurate to estimate the volume of trees and to estimate the volume of the blades. For hypsometric models, it was observed that in every age there has been a model that would be more accurate to estimate the total height of trees paricá. For ages five, six and seven years were respectively: $H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D)} \varepsilon$, $H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D^2)} e^{H - 1}$, $3 = \frac{D^2}{\beta_0 + \beta_1/D + \beta_2/D^2 + \beta_3/1} + \varepsilon$. The corresponding figures in lamination, the paricá showed an average of 50.31%, consistent with species from other genres, getting smaller loss for trees with larger diameters. Regarding the age, the paricá yields in excess lamination for the highest ages possibly because the trees have higher diameters. As for the statistical comparison of incomes in wood lamination of paricá, it was found that only between ages 5 and 7 years were no statistical difference by "t" test. There was also a statistical influence on yield in diameter lamination, and an increase in diameter caused increase of productivity. Regarding to the volume models evaluated to estimate the blades production, these ones had the same development in different ages in terms of accuracy, with a slight advantage for the Schumacher and Hall model.

Keywords: paricá dendrometric aspects, yield

LISTA DE FIGURAS

| | Páginas |
|---|----------------|
| Figura 1 – Ilustração representativa de um desenrolamento de tora e suas principais partes mensuráveis..... | 21 |
| Capítulo I | |
| Figura 1 – Resíduos percentuais em função do <i>DAP</i> para os modelos de volume avaliados considerando a idade de cinco anos..... | 43 |
| Figura 2 – Resíduos percentuais em função do <i>DAP</i> para os modelos de volume avaliados considerando a idade de seis anos..... | 44 |
| Figura 3 – Resíduos percentuais em função do <i>DAP</i> para os modelos de volume avaliados considerando a idade de sete anos..... | 45 |
| Figura 4 – Resíduos percentuais em função do <i>DAP</i> para os modelos hipsométricos avaliados considerando a idade de cinco anos..... | 50 |
| Figura 5 – Resíduos percentuais em função do <i>DAP</i> para os modelos hipsométricos avaliados considerando a idade de seis anos..... | 51 |
| Figura 6 – Resíduos percentuais em função do <i>DAP</i> para os modelos hipsométricos avaliados considerando a idade de sete anos..... | 52 |
| Capítulo II | |
| Figura 1 – Resíduos percentuais em função do <i>DAP</i> para os modelos avaliados considerando a idade de cinco anos..... | 76 |
| Figura 2 – Resíduos percentuais em função do <i>DAP</i> para os modelos avaliados considerando a idade de seis anos..... | 77 |
| Figura 3 – Resíduos percentuais em função do <i>DAP</i> para os modelos avaliados considerando a idade de sete anos..... | 78 |

LISTA DE TABELAS

Páginas

| | |
|--|---|
| Tabela 1 – Crescimento de <i>Schizolobium amazonicum</i> , em plantios, no Brasil, na Bolívia e na Costa Rica..... | 8 |
|--|---|

Capítulo I

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Distribuição de frequência das árvores-amostra, por classes de diâmetro em plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA..... | 30 |
| Tabela 2 – Características dendrométricas avaliadas em plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA, em diferentes idades..... | 37 |
| Tabela 3 – Valores máximos, mínimos e médios de <i>DAP</i> e <i>H</i> avaliados em plantios brasileiros, em diferentes idades e espaçamentos..... | 38 |
| Tabela 4 – Equações de volume total ajustadas para plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA, em diferentes idades e suas respectivas medidas de precisão..... | 41 |
| Tabela 5 – Equações hipsométricas ajustadas para plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA, em diferentes idades e suas respectivas medidas de precisão..... | 48 |

Capítulo II

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Rendimento e perdas por idade após o processo de laminação da madeira de paricá em plantios situados na região de Paragominas, PA..... | 69 |
| Tabela 2 – Resultados do teste “t” para comparação dos rendimentos médios entre os pares de idades 5 e 6 anos, 6 e 7 anos e 5 e 7 anos em plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA..... | 72 |
| Tabela 3 – Equações ajustadas e suas respectivas medidas de precisão, para verificação de relações entre rendimento e classe de diâmetro em plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA..... | 73 |
| Tabela 4 – Equações de volume total ajustadas para plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA, em diferentes idades e suas respectivas medidas de precisão..... | 74 |

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| DEDICATÓRIA | iv |
| AGRADECIMENTOS | v |
| MENSAGEM | vi |
| BIOGRAFIA | vii |
| RESUMO | viii |
| ABSTRACT | ix |
| LISTA DE FIGURAS | x |
| LISTA DE TABELAS | xi |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA | 3 |
| 2.1. DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE..... | 3 |
| 2.1.1. Aspectos botânicos e edafoclimáticos..... | 3 |
| 2.1.2. Sementes..... | 4 |
| 2.1.3. Produção de mudas..... | 5 |
| 2.1.4. Plantios e tratos culturais..... | 6 |
| 2.1.5. Pragas e doenças..... | 8 |
| 2.2. O SETOR DE LAMINADOS DE MADEIRA..... | 10 |
| 2.3. PRODUÇÃO DE LÂMINAS DE MADEIRA..... | 11 |
| 2.4. MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO VOLUME E DA ALTURA DE ÁRVORES..... | 17 |
| 2.5. MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO VOLUME LAMINADO..... | 19 |
| 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 22 |
| | |
| CAPÍTULO I – CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DE PLANTIOS DE PARICÁ (<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex. Ducke) NA REGIÃO DE PARAGOMINAS, PA | 27 |
| Resumo | 27 |
| Abstract | 27 |
| 1. INTRODUÇÃO | 28 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 30 |
| 2.1. DADOS..... | 30 |
| 2.2. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DO PARICÁ..... | 31 |
| 2.3. MODELOS DE VOLUME TOTAL..... | 31 |
| 2.4. MODELOS HIPSOMÉTRICOS..... | 32 |
| 2.5. CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DOS MODELOS..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 2.6. AVALIAÇÃO DO EFEITO DA IDADE NAS RELAÇÕES VOLUMÉTRICA E HIPSOMÉTRICA..... | 34 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 37 |
| 3.1. CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS AVALIADAS..... | 37 |
| 3.2. ESTIMATIVAS DE VOLUME TOTAL PARA O PARICÁ..... | 41 |
| 3.2.1 Estatísticas das equações de volume total avaliadas..... | 41 |
| 3.2.2. Análise gráfica dos resíduos..... | 42 |
| 3.2.3. Avaliação do efeito da idade na estimação dos volumes totais..... | 46 |
| 3.3. ESTIMATIVAS DE ALTURA PARA O PARICÁ..... | 47 |
| 3.3.1. Estatísticas das equações hipsométricas avaliadas..... | 47 |
| 3.3.2. Análise gráfica dos resíduos..... | 49 |
| 3.3.3. Avaliação do efeito da idade na estimação da altura total..... | 53 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 55 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 56 |
| | |
| CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO DE MADEIRA DE PARICÁ (<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex. Ducke) NA REGIÃO DE PARAGOMINAS, PA... | 59 |
| Resumo..... | 59 |
| Abstract..... | 59 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 60 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 62 |
| 2.1. MEDIÇÃO DO VOLUME LAMINADO E RENDIMENTO DA LAMINAÇÃO..... | 62 |
| 2.2. MEDIÇÃO DAS PERDAS NO PROCESSO DE LAMINAÇÃO..... | 65 |
| 2.3. AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO MÉDIO EM LAMINAÇÃO POR IDADE E CLASSE DIAMÉTRICA..... | 67 |
| 2.4. MODELOS PARA ESTIMAR A PRODUÇÃO DE LÂMINAS DE MADEIRA DE PARICÁ..... | 68 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 69 |
| 3.1. AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO..... | 69 |
| 3.2. PERDAS NO PROCESSO DE LAMINAÇÃO..... | 70 |
| 3.3. AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO MÉDIO EM LAMINAÇÃO POR IDADE E CLASSE DIAMÉTRICA..... | 72 |
| 3.4. AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE VOLUME TOTAL NA LAMINAÇÃO DE MADEIRA..... | 74 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 80 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 81 |
| | |
| 4. CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES..... | 83 |

1. INTRODUÇÃO

A indústria madeireira é importante tanto para a economia nacional como para a economia mundial por contribuir com geração de empregos e renda para a população. Porém, o atual quadro de escassez da matéria prima madeireira, reflexo do crescimento populacional desordenado e da forma predatória de utilização dos recursos florestais como se estes fossem inesgotáveis, vem ocasionando, em algumas regiões, a inviabilidade econômica da extração da madeira.

No Brasil, a aplicação de uma legislação ambiental mais rigorosa para exploração das florestas naturais, bem como o plantio de florestas com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, tem equilibrado as relações entre a oferta e a demanda por madeira, diminuindo a exploração indiscriminada dos remanescentes florestais naturais, hoje totalmente delimitados à região amazônica.

Os madeireiros e os usuários de madeira já perceberam que as reservas de florestas nativas tornaram-se alvo de preocupação e discussão, em nível mundial, e que as pressões serão muito grandes. As condições de uso serão cada vez mais limitadas e controladas, obrigando o setor florestal a repensar e redirecionar as suas ações no sentido de sustentabilidade. Urge, portanto, que empresários reflorestem rápido e intensamente para que a indústria madeireira não tenha, dentro de pouco tempo, problemas por falta de matéria prima. Por esta razão, muitas indústrias madeireiras da região amazônica estão investindo em plantios, homogêneos ou consorciados, com espécies de rápido crescimento e elevado valor comercial. (COLLI, 2007).

De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2009), as áreas de plantio com espécies da flora brasileira representam pouco mais que 3% do total de florestas plantadas no país. Na região amazônica, porém, um exemplo de espécie nativa plantada para a produção de madeira em escala comercial que vem se destacando nos últimos anos, é o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke).

Souza et al. (2005) elencaram vários usos para a espécie, dentre os quais cabe destacar: fabricação de palitos de fósforo, saltos de calçados, brinquedos, maquetes, embalagens leves, canoas, forros, miolo de painéis e

portas, fôrmas de concreto, laminados, compensados, celulose e papel. Segundo os autores, a árvore é indicada para plantios comerciais, sistemas agro-florestais e reflorestamento de áreas degradadas, devido ao seu rápido crescimento e ao bom desempenho tanto em formações homogêneas quanto em consórcios, podendo ser empregada, ainda, em arborização de praças e jardins amplos.

Marques et al. (2006) relataram que a pesquisa e o desenvolvimento da silvicultura do paricá vêm desde a década de 50, sendo que somente na década de 90 a espécie passou a ter representatividade empresarial, principalmente na produção de compensados e laminados, na região amazônica.

Um grande problema encontrado pelas empresas desta região está na carência de pesquisas científicas para o paricá. Assim, para propiciar a utilização da espécie para produção comercial em escala é necessário maior conhecimento científico de sua biometria que possam facilitar as decisões tanto do planejamento da produção quanto da comercialização do produto final.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar a espécie paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) quanto aos seus aspectos dendrométricos e avaliar o rendimento na produção de lâminas, na região de Paragominas, Estado do Pará. Ainda, objetivou-se especificamente:

- Avaliar as variações nas características dendrométricas de diâmetro, altura e forma das árvores, em diferentes idades;
- Avaliar o uso de modelos volumétricos já desenvolvidos para outras espécies florestais aplicados ao paricá em diferentes idades;
- Avaliar o uso de modelos hipsométricos já desenvolvidos para outras espécies florestais aplicados ao paricá em diferentes idades;
- Avaliar o rendimento de madeira nesta atividade, verificando possíveis influências das variáveis *idade* e *diâmetro*;
- Avaliar o uso de modelos volumétricos para produção de lâminas de madeira de paricá em diferentes idades.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

Paricá é uma espécie pertencente à família *Leguminosae-Caesalpinioideae* e, de acordo com Carvalho (1994), ocorre naturalmente em toda região amazônica, envolvendo as partes brasileira, venezuelana, colombiana, peruana e boliviana. Segundo o autor, a espécie é pioneira de porte elevado e sua ocorrência se dá nas matas primária e secundária de terra firme e várzea alta, em solos argilosos e altitudes de até 800 m. No Brasil, ocorre principalmente nos estados do Amazonas, Pará, Mato-Grosso e Rondônia.

2.1.1. Aspectos botânicos e edafoclimáticos

Souza et al. (2005), apresentam algumas características botânicas importantes que podem ser utilizadas na identificação da espécie. De acordo com eles, o paricá é uma planta hermafrodita e possui ramificação cimosa, com copa ampla e umbeliforme. O tronco cilíndrico e reto pode apresentar sapopemas. A casca, quando jovem, é esverdeada e delgada, espessa, dura, rugosa e com carreiras verticais de lenticelas, tendo odor desagradável quando almiscarado. A folha mede até 2 m de comprimento e possui disposição alternada.

Quanto ao sistema reprodutivo, o paricá possui as panículas terminais medindo até 30 cm de comprimento, contendo pequenas flores. O cálice possui coloração creme-esverdeada, com pétalas glabras, de formato oblongo e coloração amarela. O fruto é um legume deiscente, obovado-oblongo, achatado, coriáceo ou sublenhoso, glabro, com coloração bege a marrom quando maduro, medindo cerca de 10 a 16 cm de comprimento por 4 a 6 cm de largura e contém uma semente envolta pelomeso-endocarpo alado. A semente é elíptico-ovada, lateralmente achatada, de ápice agudo e base arredondada, medindo cerca de 2 cm de comprimento e 1,3 cm de largura. O tegumento liso, duro e brilhante, possui coloração castanha com estrias finas, e o hilo é

punctiforme. O início dos eventos reprodutivos ocorre entre 8 e 10 anos, em áreas abertas e plantios, e aos 12 anos, na floresta. No Pará, a floração ocorre entre junho e julho e a frutificação entre setembro e outubro. A frutificação é anual e a dispersão é anemocórica. (SOUZA et al., 2005).

Segundo Vidaurre et al. (2006), o paricá se adapta bem ao clima equatorial semi-úmido, caracterizado por uma estação seca e outra chuvosa bem definida, com pluviosidade predominantemente entre 1500 e 2000 mm/ano. O desenvolvimento das plantas é fortemente influenciado pela estação do ano, onde a ocorrência das chuvas impulsiona uma explosão de crescimento acentuada, no entanto a espécie não tolera solos alagados. Segundo os autores, nos plantios implantados tem-se observado bom desenvolvimento das plantas, com poucos problemas silviculturais, em latossolos bem estruturados, com textura tendendo a argilosa, mais não com teores de argila acima de 65%.

2.1.2. Sementes

Segundo Carvalho (2007), para obtenção das sementes de paricá, o fruto deve ser coletado quando adquire uma cor café-claro e no início da deiscência. Segundo o autor, o número de sementes por quilo pode variar de 980 a 1.400. Além disso, por apresentarem um exocarpo resistente e impermeável, as sementes de paricá possuem comportamento ortodoxo com relação ao armazenamento, podendo ser estocadas por um período de até dois anos, sem que seu poder germinativo seja afetado.

Já, conforme Souza et al. (2005), as sementes de paricá devem ser coletadas antes da deiscência dos frutos, quando iniciarem a dispersão espontânea, devendo ser transportados em sacos de ráfia para evitar excesso de umidade, aquecimento e proliferação de microrganismos. Segundo estes autores, a extração da semente é manual, e 1 kg destas possuía entre 990 e 1280 sementes, com teor de água em torno de 12-13%, podendo ser armazenadas sob temperatura de 0-5°C e 40% UR. Ainda segundo eles, nestas condições, as sementes mantiveram o poder germinativo por 3 anos.

Costa et al. (1998), relataram que 1 kg de sementes de paricá com procedência dos estados de Mato Grosso, Rondônia e Pará, tinham custo de aquisição em torno de R\$ 30,00/kg (US\$ 35,00/kg), e totalizavam, aproximadamente, 1.180 sementes. Já, a Associação das Indústrias Exportadoras de Madeiras do Estado do Pará – AIMEX comercializa sementes de paricá a R\$ 40,00/kg, totalizando, aproximadamente 1.100 sementes.

Em relação à germinação, Souza et al. (2005) relataram que as sementes de paricá, por apresentarem dormência devido à impermeabilidade do tegumento à água, devem ser submetidas a tratamento pré-germinativo, como: imersão em água fervente (95-100°C) e permanência na água, após desligar a fonte de calor, por 24 horas. Os autores sugeriram também escarificação mecânica por meio de lixa, esmeril ou corte do tegumento no lado oposto ao da emissão da radícula. Segundo os autores, sem o tratamento, o tempo inicial, médio e final de germinação é de 6, 68 e 115 dias, respectivamente. Com o tratamento, o processo é acelerado, com tempo inicial, médio e final de 3, 8 e 21 dias, respectivamente, podendo-se alcançar 75-100% de germinação.

2.1.3. Produção de mudas

Em relação à produção de mudas, Souza et al. (2005) propõem que quando as plântulas, em viveiro, atingirem de 6 a 8 cm de altura, o que, segundo eles, geralmente ocorre uma semana após a germinação, estas podem ser repicadas para sacos de polietileno com dimensões de 15 x 25 cm, contendo terra preta (60%), argila (15%) e material orgânico (25%). As mudas podem ser mantidas em viveiro com 50% de sombreamento ou a plena luz, e o transplante pode ser realizado entre 45 e 60 dias da sementeira, quando as mudas atingirem cerca de 30 a 60 cm de altura.

Em estudo realizado por Marques (1990), a produção de mudas se deu diretamente em sacos plásticos com dimensões de 20 x 15 cm, onde foram colocadas duas sementes por recipiente. Foi observado pelo autor que as mudas após dois meses da sementeira, foram transferidas para o campo depois de atingirem altura entre 20 e 30 cm.

No semeio realizado diretamente em tubetes por empresas florestais, as mudas de paricá apresentaram o sistema radicular bastante atrofiado, impróprias para o plantio no campo. A utilização de tubetes tinha como vantagem o controle de doenças. No entanto, para que ocorresse uma excelente germinação e um bom desenvolvimento do sistema radicular houve a necessidade de se utilizar um substrato especial (SOUSA & COSTA, 1997).

Já, Caldeira et al. (2004) estudando crescimento e desenvolvimento de mudas de paricá por tubetes na região de Cuiabá, utilizando sementes provenientes do Pará e adquiridas pela AIMEX, observaram que a melhor condição para produção de mudas foi por tubetes com volume de 175 cm³, 6,0 cm de diâmetro interno por 13,0 cm de altura, e sombreamento de 70% aos 60 dias após a semeadura, sendo utilizado substrato comercial "Plantmax", composto de vermiculita expandida, perlita, cascas e turfa esterilizadas.

2.1.4. Plantios e tratos culturais

Segundo Costa et al. (1998), a melhor época para a realização dos plantios de paricá no estado do Pará é no período de setembro a janeiro, pois observaram que quando realizados em fevereiro, as plantas apresentaram uma redução no crescimento devido a intensidade das chuvas.

Em relação ao preparo do solo, Costa et al. (1998) destacaram que para plantios em larga escala, o preparo mecanizado da área geralmente é o mais utilizado pelas empresas, e, segundo Marques (1990), as áreas destinadas a plantios geralmente são áreas degradadas onde houve a derrubada da floresta para utilização de pastagem, restando alguns tocos na área e alguma vegetação, os quais deveriam ser retirados, procedendo-se com o preparo mecânico do solo.

Com relação à adubação, Marques (1990) obteve resultados satisfatórios no desenvolvimento de paricá, aplicando no momento do plantio 50 g/planta de NPK na formulação de 15-25-12 e após 60 dias do plantio realizou outra adubação aplicando 130 g/planta de NPK da mesma formulação.

Entretanto, Rondon (2002), em experimento de crescimento de paricá realizado no estado do Mato Grosso, procedeu com adubação semelhante a da

seringueira na região, da seguinte forma: no ato do plantio constou, por cova, de 50 g de sulfato de amônia, 100 g de superfosfato simples, 50 g de cloreto de potássio, adicionando-se também 2 l de cinza, 2 l de esterco de gado curtido, 1 l de esterco de galinha, 3 l de vinhoto e 100 g de calcário. Além disso, procedeu com duas adubações químicas anuais em cobertura (início e fim do período chuvoso) a dois terços da projeção da copa em sulco, no sistema de meia-lua, na mesma proporção que a da adubação da cova. Os resultados encontrados pelo autor foram considerados satisfatórios, principalmente nos espaçamentos 4x3 m e 4x4 m, onde as árvores atingiram maior desempenho em *DAP* e altura total.

De acordo com Costa et al. (1998) os espaçamentos mais adequados para plantios de paricá são 4x4 m ou 4,5x4,5 m, visto permitir maiores crescimentos da planta, além de facilitar a limpeza mecanizada da área. Nos plantios com espaçamento de 2,5 x 2,5 m foi verificado pelos autores maior ocorrência de morte das plantas devido intensa competição por luz e nutrientes, o que afetaria o desempenho das árvores menos favorecidas. Além disso, em espaçamentos mais reduzidos haveria maiores riscos de quebra das árvores por ação do vento, ocasionando maiores perdas.

Carvalho (2007) apresenta tabela de crescimento de paricá em plantios localizados em várias regiões do Brasil e em outros países. Foi observado pelo autor que os resultados mais satisfatórios foram em espaçamentos mais ampliados, principalmente em 5x5 m e 4x4 m, onde se observou, neste último, uma produtividade de $38 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ aos seis anos de idade, no município de Dom Eliseu, PA.

Tabela 1 – Crescimento de *Schizolobium amazonicum*, em plantios, no Brasil, na Bolívia e na Costa Rica.

| Local | Idade (anos) | Espacamento (m x m) | Plantas vivas (%) | Altura média (m) | DAP médio (cm) |
|---------------------------------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Bragança, PA | 3 | 2,5 x 2,5 | 97,2 | 6,44 | 6,6 |
| Cantá, RR | 2 | 3 x 4 | ... | 10,28 | 11,1 |
| Cantá, RR | 4 | 3 x 2 | ... | 13,90 | 12,6 |
| Chapare,-Bolívia | 3 | ... | 62,0 | 7,50 | 6,3 |
| Dom Elizeu, PA | 6 | 4 x 4 | 93,0 | 15,00 | 21,3 |
| Foz do Iguaçu, PR | 2 | 4 x 3 | 40,0 | 5,18 | 7,2 |
| Portel, PA | 2 | 4 x 4 | 98,0 | 12,40 | 15,7 |
| Puerto Viejo de Sarapiquí, Costa Rica | 3 | 2 x 2 | 52 | 3,70 | 4,0 |
| Rolândia, PR | 4 | 5 x 5 | 100,0 | 10,57 | 16,2 |
| Rolândia, PR | 8 | 3 x 2,5 | 100,0 | 11,36 | 17,1 |
| São Miguel do Guamá, PA | 5 | 4 x 4 | 50,0 | 11,50 | 14,0 |

Fonte: Carvalho (2007).

Em relação aos tratos culturais, Costa et al. (1998) relataram que as empresas florestais adotaram os seguintes tratos culturais nos plantios de paricá: capina duas vezes ao ano, limpeza dos aceiros no verão (prevenção de incêndio) e combate à formiga realizado antes do plantio. Se houvesse elevada incidência de capim quicuío (*Brachiaria humidicola*) no local do plantio, houve recomendação de realização de capina até o terceiro mês de idade e a partir do sexto mês, a aplicação de herbicida *Roundup* para controlar o seu desenvolvimento.

2.1.5. Pragas e doenças

Luns et al. (2007) relatam o surgimento de uma nova praga que vem atacando plantios de paricá na região de Dom Eliseu, PA. Segundo os autores

prospecções mensais de maio de 2006 a abril de 2007 indicaram um novo tipo de injúria em plantas jovens de paricá, com até um ano de idade, causado por *Solenopsis saevissima* F. Smith, conhecida na região como ‘formiga de fogo’ ou “lava-pés”.

Carvalho (2007) relatou que na região norte de Mato Grosso, e na região de Paragominas, PA, houve grande incidência de broca no broto terminal. Este autor cita um trabalho de Rojas & Martina (1996) na Amazônia Equatoriana, onde plantios de 300 ha fracassaram devido ao intenso ataque de um inseto de gemas apicais, algo semelhante ao que sucede ao mogno. Nesse plantio, as plantas também foram atacadas por uma planta parasita do gênero *Phoradendron*.

Souza et al. (2005) relataram que as principais pragas dos plantios de paricá são: broca-da-madeira (*Acanthoderes jaspidea*), coleobroca (*Micrapate brasiliensis*), serradores (*Oncideres dejeani* e *O. saga*) e mosca da madeira (*Rhaphiorhynchus pictus*).

Foi registrado também a ocorrência de cigarras (*Quesadas gigas*) nas raízes e troncos (ZANUNCIO et al., 2004), em plantações nos municípios de Paragominas, Dom Eliseu e Aurora do Pará. Outra constatação sem grandes conseqüências foi a incidência de formigas cortadeiras, porém o seu controle foi feito por meio de iscas tradicionais existentes no mercado.

De acordo com Souza et al. (1999) em alguns povoados de paricá localizados no município de Paragominas, foi constatado intenso desfolhamento, principalmente nas plantas mais jovens, ocasionado por lagartas desfolhadoras – “lagartas gelatinosas” (gênero *Sibine*) e “lagartas verdes” (gênero *Automeris*), de difícil controle.

Com relação às doenças, foi constatado por Carvalho (2007) que em função do estresse, a planta é muito suscetível a doenças fúngicas. O autor destacou que nas hastes, foram detectadas *Fusarium* sp. e *Botryodiplodia* sp, e nas raízes, *Rosellinia* sp. e *Botryodiplodia* sp.

Souza et al (2005) relataram que durante o período chuvoso, pode ocorrer a incidência da crosta negra das folhas (*Phyllachora schizolobiicola* subsp. *schizolobiicola*), embora as plantas normalmente tenham demonstrado

resistência à doença, não havendo necessidade de medidas de controle específicas..

Trindade et al. (1999), também diagnosticou a ocorrência de “crosta negra” causada por *Phyllachora schizobiicola* subsp *schizobiicola*, no estado do Pará. Segundo estes autores, o fungo infecta folíolos maduros causando a queda destes, o que em alta incidência pode provocar desequilíbrio fisiológico nas plantas.

2.2. O SETOR DE LAMINADOS DE MADEIRA

A participação do Setor Florestal na economia brasileira vem crescendo a cada ano. De acordo com Rezende et al. (2008) as exportações brasileiras de produtos florestais atingiram, em 2006, o montante de US\$ 8,5 bilhões.

A Sociedade Brasileira de Silvicultura – SBS (2007) relatou que as exportações brasileiras alcançaram, em 2006, um montante de US\$ 137,5 bilhões. Nesse mesmo ano o setor de base florestal exportou US\$ 8,664 bilhões, correspondendo a 6,3% do total exportado pelo país. Segundo SBS, as exportações brasileiras do setor de base florestal atingiram no ano de 2006, uma produção total de 20.267 (1000 t.), resultando num montante de 10.277,8 (US\$ Milhão FOB).

Dentre os diversos produtos desta base florestal, destacam-se os mercados de lâminas de madeira e de compensados. Estes mercados têm contribuído para que o setor florestal alcance estes crescentes resultados no mercado de exportação e importação de produtos florestais. O segmento de compensados e laminados, de acordo com SBS (2007) é um mercado que somou, no ano de 2006, uma produtividade de 1.336 toneladas, e arrecadação de US\$ 711,60 milhões.

Conforme Rezende et al. (2008), a evolução das exportações destes produtos é crescente desde a década de 90, observando-se um salto de, aproximadamente, US\$ 35.000 milhões em 1990 para US\$ 725.000 milhões em 2006. Segundo eles, a produção de lâminas de madeira no país não teve grandes mudanças de 2000 a 2006, porém, a rentabilidade desse mercado

está na exportação da matéria prima e diminuição do consumo interno, bem como sua utilização para produção de compensados, visando o princípio de agregação de valor.

É importante ressaltar que o mercado de laminados de madeira está diretamente relacionado com de compensados. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI (2001), enquanto a produção anual de compensados cresceu na ordem de 8%, o consumo de compensados no Brasil cresceu anualmente em média 3%. Associado a este menor crescimento na demanda interna brasileira, a ABIMCI afirmou que a participação das exportações brasileiras de compensado crescia anualmente cerca de 16,5%.

2.3. PRODUÇÃO DE LÂMINAS DE MADEIRA

A produção de lâminas, em escala industrial, iniciou-se a partir do desenvolvimento do primeiro torno rotativo para produção de lâminas contínuas em 1818. A indústria laminadora teve um grande impulso a partir da instalação das primeiras fábricas de compensados, no início do século XX. No Brasil, as primeiras laminadoras e fábricas de compensados foram instaladas na década de 30. Inicialmente a matéria prima utilizada era originária de espécies nativas das florestas amazônica e atlântica, onde havia exploração da madeira sem a devida reposição da mesma. Passadas algumas décadas, com a redução no volume disponível de algumas espécies e por questões ambientais, a partir da década de 80, houve a necessidade de utilização de matéria prima originária de florestas plantadas (BONDUELLE et al., 2006).

Assim, na região Sul do país a madeira de *Pinus* spp começou a ser utilizada em escala comercial, tornando-se a principal matéria prima para produção de lâminas e compensados. Na região Sudeste, o eucalipto tem se tornado espécie promissora na produção de lâminas de madeira, principalmente através do melhoramento genético. Já na região Norte, apesar da principal fonte de matéria prima ainda vir das florestas naturais, o paricá passou a ser muito utilizado para produção de lâminas e compensados.

Conforme citado por Marques et al (2006), a madeira de paricá vem sendo estudada há mais de três décadas, e hoje, tornou-se referência na produção de lâminas e compensados no Estado do Pará.

Conforme Gonçalves & Almeida (1998), no campo industrial, poucos trabalhos relatam técnica e economicamente a produção de lâminas, onde se verifica que grande parte destas são coligadas a empresas de compensados. O processo de laminação passa por algumas fases, tendo início na preparação das toras com o descascamento e a retirada de arestas até a obtenção da forma cilíndrica da tora, seccionamento, aquecimento e, posteriormente, seguem-se o desenrolamento da tora em lâminas, o transporte, a guilhotinagem e a secagem.

Assim, de acordo com autores, a laminação da madeira pode ser obtida através de duas formas comerciais:

- a) Lâminas Torneadas: São lâminas utilizadas, em sua maioria, na fabricação de compensados e têm espessura de 1 a 3 mm. São obtidas por desenrolamento contínuo, isto é, a peça roliça (maciça) é colocada entre as ponteiros de uma máquina semelhante a um torno e encosta-se nela uma faca comprida em posição tangencial. Faz-se a peça roliça girar de encontro à faca e a lâmina contínua é retirada à semelhança do desenrolar de uma bobina de papel.
- b) Lâminas Faqueadas: Estas lâminas são exclusivamente utilizadas para revestimento de superfícies de madeira (compensados, aglomerados ou MDF) ou até paredes. A peça roliça é dividida em setores especiais tendo em vista a obtenção dos desenhos mais agradáveis. A peça selecionada, previamente abrandada em banho de água quente é segurada por garras e levada de encontro à faca num movimento vertical. O avanço é automático e ajustável, permitindo obter lâminas de 0,63 a 0,7 mm. A espessura é também determinada pela natureza da madeira.

Em determinado lote de toras pode-se obter lâminas de boa qualidade, se os seguintes fatores forem seguidos (MENDES et al., 2000):

- a) Cuidados no manuseio e preparação das toras no que se refere a condições de armazenamento, conversão das toras e acondicionamento das toras para laminação;
- b) Critérios adequados quanto à seleção, preparação/ajuste, operação e manutenção dos equipamentos.

Além disso, uma madeira de boa permeabilidade pode diminuir o problema de eliminação de água durante a laminação, facilitar a secagem, e melhorar as condições de colagem devido à eliminação do vapor d'água desprendido durante a cura da cola (LUTZ, 1978).

Segundo Gonçalves & Almeida (1998), a produção industrial de lâminas de alta qualidade exige as seguintes condições básicas: espécies adequadas, tornos sem vibração, geometria correta para laminação em faqueadeiras e substituição das facas em tempo certo. As características mais importantes para definir a qualidade das lâminas normalmente são: uniformidade de espessura, rugosidade de superfície, fendas de laminação, deformações, cor e desenho.

O Estado do Pará é o que concentra o maior contingente de empresas produtoras de lâminas de paricá. Desde março de 2003, o Centro de Pesquisa do Paricá (CPP), composto por cerca de dez empresas madeireiras no município de Dom Eliseu, vem estudando a espécie e transformando esse mercado numa atividade rentável.

A princípio, a cultura do paricá foi implantada para produzir lâminas que compunham a parte externa do compensado. Porém, conforme Siviero (2006), com a atual dificuldade de exploração da madeira nativa e, conseqüentemente, o aumento do preço desta madeira, é crescente a tendência de produção do compensado apenas com lâminas do paricá.

De acordo com Zaneti (mensagem pessoal)¹, o processamento da madeira do paricá no Grupo Concren, empresa que faz parte do CPP, passa por diversas etapas até a obtenção do produto final lâmina, a qual será transformada em compensado. Ela se inicia no abate das árvores: ainda no campo, retira-se a copa e as ramificações, se existirem, e mede-se o fuste até

¹ ZANETI, Luciano Zumerle. Engenheiro do Grupo Concren. Mensagem recebida por <rghoffmann83@yahoo.com.br> em 21 ago. 2009.

no máximo 10 cm de diâmetro. As sobras geralmente são aproveitadas no processo para geração de energia ou produção de carvão. Após esta etapa, a tora é dividida em toretes com 1,38 m de comprimento. Neste caso este é o padrão para a produção de lâminas intermediárias e miolo do compensado na empresa, pois o torno usado para a produção destas tem 1,5 m de boca. Para a produção de lâminas de “capa” (as que ficam por fora e formam a superfície externa e visível do compensado) é usado um torno maior onde são usadas toras de 2,7 m, a fim de se produzir uma *capa* única, sem emendas. As sobras das divisões dos toretes também são aproveitadas.

Os toretes são carregados e transportados até a fábrica, não podendo o período entre o corte o torneamento durar mais que 21 dias. Para o paricá não existe pré-aquecimento das toras, pois a madeira já apresenta densidade ideal para ser torneada.

Outro detalhe importante é que o paricá não passa pela etapa de arredondamento dos toretes. O torno é calibrado para gerar lâminas com a espessura desejada (no caso deste experimento, 2,2 mm), conforme o compensado que se quer produzir. No torneamento nota-se que a madeira sofre contrações e dilatações de acordo com a densidade no tecido laminado que podem provocar flutuações na espessura ao longo de uma mesma lâmina.

Para aproveitar ao máximo a madeira, a laminação do paricá passa pelos seguintes estágios:

- a) Estágio inicial: é o estágio de regularização da tora, onde muitas lâminas pequenas são produzidas, pois é necessário seccionar várias vezes a lâmina a fim de se retirar qualquer irregularidade, que geralmente são fendas, nós e a própria tortuosidade natural da madeira.
- b) Estágio intermediário: é o estágio de produção de lâmina contínua, neste estágio é que se produzem as lâminas maiores, de 2,76 m. Este é o momento onde se aproveita a melhor parte da tora, e as lâminas são cortadas neste comprimento, porque este é o tamanho máximo processado pelas fábricas.

- c) Estágio final: é quando começam a aparecer os defeitos provenientes do miolo da madeira, como fendas, ocos e manchas que a exemplo do Estágio inicial precisam ser eliminados através da secção da lâmina.

Assim, obtêm-se diferentes comprimentos de lâminas, que neste experimento foram: 2,76; 1,45; 0,98; 0,66; 0,45; 0,38 e 0,29 m. Estas várias medidas permitem juntar partes de lâminas complementares durante a montagem do compensado, e produzir uma lâmina de aproximadamente 2,76 m. Porém, este artifício é evitado para as lâminas de “capa”, sendo aplicados geralmente às lâminas interiores (intermediárias e miolo), para que as emendas não fiquem aparecendo.

O processo resumido desde o torneamento dos toretes até a obtenção do produto final é o seguinte: do torno, a lâmina entra diretamente na guilhotina onde é seccionada nos tamanhos pré determinados e/ou de acordo com as possibilidades de aproveitamento. Somente usam-se bobinas para o torneamento de toras com diâmetro muito grande. Isso pode ocorrer no Estágio intermediário da laminação, quando este se torna muito longo e a linha de produção pós torno não consegue acompanhar o ritmo do torno, que lamina em capacidade máxima. Somente neste caso há necessidade de se armazenar as lâminas em bobinas para depois seccioná-las e dar continuidade no processo.

Após esta etapa as lâminas são separadas por classes de tamanho e qualificadas. Em seguida são encaminhadas para um secador industrial. As lâminas demoram cerca de 30 minutos para atravessar o secador, de onde saem com o teor de umidade adequado. Feito isso, seguem para a linha de montagem do compensado, onde é passado cola nos dois lados da lâmina para sobreposição, e assim, seguem para a prensa. Da prensa, o compensado, já caracterizado, segue para a esquadrejadeira. Os excessos laterais são aparados e têm-se um compensado de 1,6 x 2,2 metros, que geralmente ainda é lixado para melhorar o acabamento e em seguida segue para o setor de embalagem.

Tsoumis (1991) relacionou as características tecnológicas da madeira adequadas para laminação com os seguintes fatores: densidade da madeira (baixa a média), características do fuste (diâmetro e forma), e grã direita a levemente inclinada. Além destes fatores, Lutz (1978) ressaltou também as

condições operacionais do equipamento, tais como: velocidade de corte, ajuste da geometria da faca e barra de pressão, afiação da faca, entre outros. Segundo o autor, o grau de automação no que concerne ao controle estático e dinâmico dos tornos era também um importante elemento tecnológico para produção de lâminas de qualidade com alta produtividade.

Sellers Jr. (1985) e Baldwin (1995) destacaram sobre a importância da qualidade da tora no que se refere à retinidade e fator de conicidade do fuste, diâmetro da tora, ausência de fendas de topo e aquecimento da madeira, como fatores primordiais para obtenção de lâminas de qualidade e maior rendimento na laminação. Segundo eles, menor fator de conicidade, maior diâmetro da tora e menor rolo resto, são parâmetros básicos para aumentar o rendimento.

No caso de espécies plantadas mais utilizadas para laminação, como é o caso dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, existe uma gama de estudos que apontam rendimentos médios na ordem de 45,41% para *Eucalyptus* (ALMEIDA et al. 2004), sendo obtido um resultado de 51,74% para um clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – clone I, e 56,81% para outro – clone II.

No caso do *Pinus*, Bonduelle et al. (2006) registraram um rendimento médio de 48% para *Pinus* spp provenientes de 33 indústrias do Estado do Paraná, obtendo 73% de rendimento após o arredondamento das toras. Conforme estes autores, a maior perda está na fase de arredondamento da tora devido ao volume da casca e fator de conicidade das toras, sendo estes resíduos aproveitados na geração de energia. Em seguida, o rolo resto representa as perdas originárias da qualidade das toras e equipamento de laminação, sendo estes resíduos também aproveitados nas indústrias, principalmente na produção de estrados para embalagens e sarrafos para produção de compensados sarrafeados. Por último, o descascamento representa a menor perda no processo.

Para o paricá não há conhecimento científico sobre o rendimento em laminação que a espécie possa apresentar, sendo um dos objetivos deste trabalho avaliar o rendimento neste processo. Contudo, Bortoletto Júnior & Belini (2002) estudaram a produção de lâminas e compensados de guapuruvu, espécie pertencente ao gênero *Schizolobium* e que apresenta as mesmas

características fisiológicas do paricá, tendo rápido crescimento, madeira clara, leve e macia, obtendo rendimento médio em laminação de 52,59% com casca e 60,98% sem casca. Os autores classificaram as perdas no processo como compatíveis com as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* e concluíram que o guapuruvu é uma espécie nativa recomendada para produção de lâminas de madeira.

2.4. MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO VOLUME E DA ALTURA DE ÁRVORES

Com os diversos fins que vêm sendo dado à madeira, atualmente, faz-se necessário o melhor conhecimento de fatores e condições que afetam a produção e influenciam no seu destino final. Por este motivo é de suma importância o conhecimento dos métodos de manejo, efeitos da idade, tratamentos silviculturais e suas implicações sobre o volume das árvores (MACHADO et al., 2005). Segundo estes autores, a variável volume constitui uma das informações mais importantes para o conhecimento do potencial florestal de uma região, sendo que o volume individual fornece um ponto de partida para avaliação do conteúdo lenhoso dos povoamentos florestais. Além disso, conforme eles, o volume das árvores tem sido estimado com certa facilidade e acurácia por meio de equações de volume, ajustadas, na maioria das vezes a partir de medições de *DAP* e *H*.

A vantagem das equações de volume é o cálculo de volume sólido, árvore a árvore, através de modelos matemáticos, especialmente testados para apresentar os menores erros possíveis. As equações de volume, cujos modelos incluem como variável independente, a altura e o *DAP* da árvore, são mais gerais podendo abranger sítios diferentes (COUTO & BASTOS, 1987).

A maioria das metodologias desenvolvidas para estimativa do volume de árvores considera que, se o volume de uma árvore foi determinado corretamente, o valor encontrado é válido para outra árvore de igual diâmetro, altura e forma. Dentre as metodologias que seguem este princípio, podem-se citar: as equações de simples entrada, as equações de dupla entrada, associadas ou não às relações hipsométricas, o método dos dois diâmetros e o

método geométrico (THIERSCH et al., 2006). Segundo estes os autores, as equações de simples entrada, em que o volume é função somente do diâmetro das árvores, são normalmente aplicadas quando a correlação entre o diâmetro e a altura é muito forte, ou seja, onde há bastante homogeneidade no desenvolvimento em altura das árvores de mesmo diâmetro. Contudo, as equações de dupla entrada, em que o volume é em função do diâmetro e da altura, são aplicadas para povoamentos em que há uma maior heterogeneidade no desenvolvimento da altura das árvores com mesmo diâmetro.

O problema em se utilizar as equações de dupla entrada é a necessidade de se mensurar a altura total, fato que aumenta o custo do inventário florestal. Para minimizar este fato, podem-se associar relações hipsométricas às equações de dupla entrada. De maneira geral, a correlação altura-diâmetro não é muito forte, por isso, uma forma para tentar aumentá-la é ajustar uma relação hipsométrica para cada parcela, controlando-se automaticamente fontes de variação como a idade, a produtividade do local, a densidade do povoamento, o manejo adotado e o material genético (THIERSCH et al., 2006).

De acordo com Leite & Andrade (2003), em alguns casos, equações hipsométricas são obtidas individualmente por parcela, ao correlacionar H com o DAP , conforme alguns exemplos de modelos estatísticos apresentados em BARROS et al., 2002; CALDEIRA et al., 2002; ENCINAS et al., 2002; CAMPOS e LEITE, 2006. Em outros, uma única equação é obtida para todas as parcelas do inventário, cabendo mencionar, o modelo: $Ln(Ht_i) = \beta_0 + \beta_1(dap_i)^{-1} + \beta_2Ln(Hd_i) + Ln(\epsilon_i)$ proposto por Campos et al. (1984), em que Hd é a altura dominante da parcela. Este modelo permite diferenciar a altura total de árvores de mesmo DAP , em locais com capacidades produtivas diferentes. Portanto, são duas as alternativas para estimar a altura total de árvores que tiveram apenas o DAP medido em parcelas de inventário:

- a) uso de relações funcionais do tipo $Ht = f(DAP)$, por parcela; e
- b) uso de relações funcionais do tipo $Ht = f(DAP, Hd)$, para um conjunto de parcelas.

Segundo os autores, além desse segundo tipo, podem ser empregadas relações como $H = f(DAP, Hd, I)$, ou $H = f(DAP, I, S)$, sendo S o índice de local e I a idade. Exemplos são encontrados em Campos (1979), Campos (1986) e Leite (1990).

2.5. MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO VOLUME LAMINADO

Para determinação do volume das lâminas pode-se utilizar um simples procedimento de cálculo, que é medição do comprimento e largura das lâminas obtidas no processo, multiplicando-os pela espessura da mesma, que depende da calibração do torno utilizado. Assim, para obter o volume total, basta somar os volumes obtidos de cada lâmina. Pode-se inclusive saber quanto de volume foi obtido em cada torete laminado, e conseqüentemente das toras iniciais.

Assim, para se chegar a estes resultados, basta utilizar a metodologia proposta por Mendes et al. (2000), que apresenta a seguinte expressão:

$$V_{lam} = L \cdot C \cdot e \quad (1)$$

em que:

- V_{lam} = volume da i -ésima lâmina, em m^3 ;
- L = comprimento da lâmina, em m;
- C = largura da lâmina, em m;
- e = espessura da lâmina, em m.

Na literatura é possível encontrar outras metodologias para cálculo do volume das lâminas citados por Medina (1986); Mendes et al. (2000); Bonduelle et al. (2006); Bortoletto Júnior (2008).

A metodologia proposta por Mendes et al. (2000) visa fornecer informações básicas ao laminador de como estimar a quantidade de lâminas que poderá ser produzida, considerando-se um volume determinado de toras, permitindo-lhe planejar, de maneira mais precisa, a sua produção e, conseqüentemente, a comercialização das mesmas.

Segundo os autores, para o desenrolamento de uma tora por um torno, tem-se uma determinada situação (Figura 1) e, baseando-se na análise desta, definindo e quantificando partes ou regiões existentes, torna-se possível desenvolver um procedimento de cálculo, a fim de encontrar o volume de madeira laminável para qualquer tora.

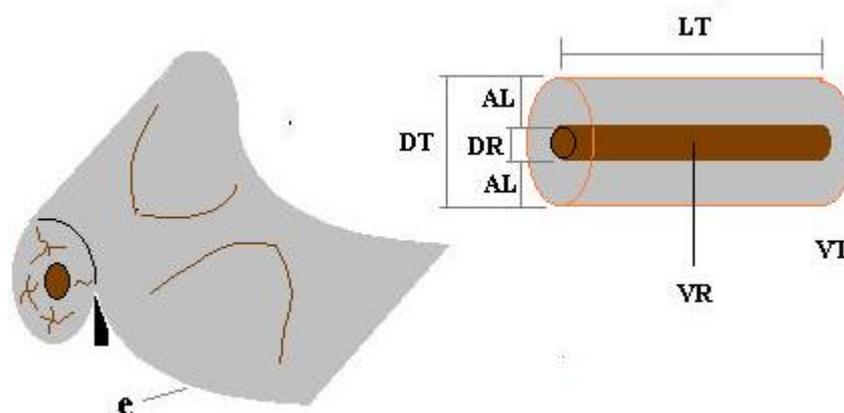


Figura 1 – Ilustração representativa de um desenrolamento de tora e suas principais partes mensuráveis. Fonte: Mendes et al. (2000).

em que:

- AL – altura diametral laminável (cm);
- VT – volume da tora (m^3);
- DR – diâmetro do rolo resto em (cm);
- DT – diâmetro da tora em (cm);
- VR – volume do rolo resto (m^3);
- LT – comprimento da tora (m);
- e – espessura da lâmina (mm).

Para efeito de cálculo de volume de madeira laminável de uma tora, os autores partiram da seguinte idéia inicial: $V_L = V_T - V_R$, em que V_L = Volume Laminável. Assim, os autores consideraram:

$$V_T = \frac{\pi D_T^2}{40000} L_T$$

$$V_R = \frac{\pi D_R^2}{40000} L_R$$

Como $L_T = L_R$, tem-se:

$$V_L = \left(\frac{\pi}{40000} D_T^2 - \frac{\pi}{40000} D_R^2 \right) L_T$$

Rearranjando, chega-se a uma equação que estima o volume laminável de uma tora de madeira:

$$V_L = \frac{\pi}{40000} (D_T^2 - D_R^2) L_T$$

Ao fim, os autores concluem que por este procedimento de cálculo, uma laminadora pode quantificar com maior precisão sua produção de lâminas, assim como as suas perdas, possibilitando, por conseguinte, um melhor planejamento e controle da produção.

Bonduelle et al. (2006), trabalhando com laminação de *Pinus* spp, propôs além desta equação, outro método de estimação:

$$V_{est} = \beta_0 + \beta_1 D_T + \varepsilon$$

Os autores chegaram à conclusão que esta equação apresenta uma correlação ligeiramente inferior àquela apresentada por Mendes et al. (2000), e além disso, que ambas apresentaram alta correlação em relação ao volume real de lâminas obtidas, não havendo diferenças significativas entre si. Concluíram também que a equação apresentada tem maior praticidade de aplicação, tendo em vista necessitar de apenas o diâmetro médio da tora como variável de entrada.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. R.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; JANKOWSKY, I. P. Produção de lâminas a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis** (IPEF), Piracicaba, n.65, p.49-58. jun. 2004.

ANUÁRIO estatístico da ABRAF. In: ABRAF. **Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas [home page]**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF09-BR.asp>>. Acesso em: 6 jun. 2009.

AVERY, T. E.; BURKHART, H. E. Forest measurements. **McGraw-Hill**. New York, 3.ed. 1983. 331 p.

BALDWIN, R. F. **Plywood manufacturing practices**. San Francisco: Miller Freeman. 1995. 388p.

BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S.; CHIES, D.; MARTINS, D. Estudo sobre os fatores que influenciam no rendimento em laminação de *Pinus* sp. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 24-30. 2006.

BORTOLETTO JÚNIOR, G.; BELINI, U. L. Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake.) proveniente de um plantio misto de espécies nativas. **Revista Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.16-28. 2002.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminas. **Scientia Forestalis** (IPEF), Piracicaba, v.36, n.78, p.95-103. jun. 2008.

CALDEIRA, S. F.; LIMA, M. de F.; BEZERRA, R. G. Desenvolvimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, v. 8, n. 1, p. 100-111. 2004.

CAMPOS, J. C. C. **A growth and yield study in thinned, even-aged stands of *Pinus patula* in Brazil**. 1979. 129p. Thesys (Doctor of Philosophy) – University of Washington, Washington, 1979.

CAMPOS, J. C. C; RIBEIRO, J. O.; PAULA NETO, F. **Inventário florestal nacional, reflorestamento**: Minas Gerais. Brasília: IBDF. 1984. 126 p.

CAMPOS, A. L. A. S. **Desenvolvimento de um sistema compatível de crescimento e produção para manejo de *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex-Maiden)**. 1986. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

CARVALHO, P. E. R. **Paricá *Schizolobium amazonicum***. Colombo, Paraná: Embrapa Florestas. 2007. 8p. (Circular Técnica 142).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: Embrapa-SPI, p. 470-475. 1994.

COLLI, A. **Caracterização da madeira de paricá (*Schizolobium amazonium* Huber ex. Ducke) e propriedade de chapas de partículas aglomeradas com diferentes proporções de fibras de coco (*Cocos nucifera* L.)**. 2007. 64p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

COSTA, D. H. M.; REBELLO, F. K.; D'ÁVILA, J. L.; SANTOS, M. A. S.; LOPES, M. L. B. **Alguns aspectos silviculturais sobre o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber)**. Belém: Banco da Amazônia. 1998. 19 p. (Série Rural 2).

COUTO, H. T. Z de; BASTOS, N. L. M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no estado de São Paulo. **Revista do IPEF**, Piracicaba, n.37, p.33-44. dez. 1987.

COUTO, H. T. Z. de; BASTOS, N. L. M. Mensuração e Gerenciamento de Pequenas Florestas. **Documentos Florestais** (IPEF), Piracicaba, n.5, p.1-37. nov. 1989.

FALESI, I. C.; GALEÃO, R. R. **Recuperação de áreas antropizadas da mesorregião nordeste paraense através de sistemas agroflorestais**. Belém: Emater. 2002. 25p. (Documentos, 1).

GONÇALVES, S. L. F.; ALMEIDA, A. R. C. A indústria de lâminas e compensados de madeira no Estado do Amazonas: um cenário do processo produtivo e tendências para o próximo milênio. In: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP 1998, 1998. Niterói. **Anais...** Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART388.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2009.

GUIMARÃES, D. P. **Desenvolvimento de um modelo de distribuição diamétrica de passo invariante para prognose e projeção da estrutura de povoamentos de eucalipto**. 1994. 160p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

HUANG, S.; PRICE, D.; TITUS, S. J. Development of ecoregion-based height-diameter models for white spruce in boreal forests. **Forest Ecology and Management**, v. 129, p. 125-141. 2000.

HUSC, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. Forest mensuration. **Ronald Press**. 2.ed. New York, 1972. 409 p.

LEITE, F. P.; ANDRADE, V. C. L. de. A importância das variáveis altura dominante e altura total em equações hipsométricas e volumétricas. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 27, n.3, p. 301-310. 2003.

LEITE, H. G. **Ajuste de um modelo de estimação de frequência e produção por classe de diâmetro, para povoamentos de *Eucalyptus saligna* Smith**. 1990. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

LUNZ, A. M.; HARADA, A. Y.; AGUIAR, T. S.; CARDOSO, A. S. ***Solenopsis saevissima* F. Smith (Hymenoptera: Formicidae): Um novo inseto-praga para a cultura de paricá**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2007. 5p. (Comunicado Técnico 156).

LUTZ, J. F. **Wood veneer: log selection, cutting and drying**. USDA: Technical Bulletin, n.1577. 1978.

MACHADO, S. do A.; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M. B da. **Comparação de métodos de estimativa de volume para *Pinus oocarpa* em diferentes idades e diferentes regimes de desbaste**. Colombo: Boletim de Pesquisa Florestal, n.50, p. 81-98. jan./jun. 2005.

MADEIRA processada mecanicamente: estudo setorial. In: ABIMCI. **Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente**. [home page]. Curitiba, 2001. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>>. Acesso em: 25 out. 2008.

MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. G.; SIVIEIRO, M. A. **A evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2006. 5p. (Comunicado Técnico 158).

MARQUES, L. C. T. **Comportamento inicial de paricá, tatá-juba e eucalipto, em plantio consorciado com milho e capim-marandu, em Paragominas, Pará.** 1990. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

MEDINA, J. C. **Efeito da temperatura de aquecimento na produção de lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Engelm.** 1986. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1986.

MENDES, M. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C. de; IWAKIRI, S. **Procedimento prático para cálculo de produção de lâminas de madeira por desenrolamento.** Lavras: UFLA. set. 2000. 21p. (Boletim Agropecuário).

MENESES-FILHO, L. C. de L. FERRAZ; P. de A. PINHA; et al. **Comportamento de 24 espécies arbóreas tropicais madeireiras introduzidas no Parque Zoobotânico, Rio Branco-Acre.** Rio Branco: Universidade Federal do Acre. Parque Zoobotânico, v1. p. 77-81. 1995.

PEREIRA, A. P., MELO, C. F. M. de, ALVES, S. M. O paricá (*Schizolobium amazonicum*) características gerais da espécie e suas possibilidades de aproveitamento na indústria de celulose e papel. **Revista do Instituto Florestal.** São Paulo, v. 16 A, n. 2, p.1340-1344. 1982.

RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium Amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore.** Viçosa, v. 26, n. 5, p.573-576. 2002.

SIMPÓSIO CAPIXABA DE TECNOLOGIA DA MADEIRA – SIMCATEM, 1., 2008, Marechal Floriano. **[Trabalhos apresentados].** Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008. 291p.

SOUSA, W. de; COSTA, B. **Substrato consolida tecnologia do plantio de mudas.** Manchete Rural, Rio de Janeiro, v. 10, n. 124, p. 9-16. out. 1997.

SOUZA, L. A de; GALEÃO, R. R.; OHASHI, O. S. **Relatório Técnico de viagem à Paragominas para avaliar o ataque de uma lagarta desfolhadora que estava atacando uma plantação em Paricá, pertencente à empresa FLORAPLAC LTDA, localizada no Município de Paragominas, PA.** Belém: Embrapa Cpatu. 1999. 3p.

SOUSA, D. B.; CARVALHO, G. S.; RAMOS, E. J. A. **Paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. Manaus: Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia, n.13. 2005. 2p.

SELLERS JR., T. **Plywood and adhesive technology**. New York: Marcel Dekker. 1985. 661p.

SIVIERO, M. A. **Paricá: a vedete do reflorestamento**. Diário do Pará, Belém. Regional, p. A-8. Entrevista, 27 jan. 2006.

THIERSCH, C. R.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D. de.; MAESTRI, R., DEHON, G. Acurácia dos métodos para estimativa do volume comercial de clones de *Eucalyptus* sp. **Revista Cerne**, Lavras, v.12, n.2, p.167-181. abr./jun. 2006.

TRINDADE, D. R.; POLTRONIERI, L. S.; ALBUQUERQUE, F. C. de; POLTRONIERI, M. C.; BENCHIMOL, R. L. **Crosta negra causada por "*Phyllachora schizolobiicola* subsp. *Schizolobiicola*" em Paricá, no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Cpatu. 1999. 2p. (Comunicado Técnico, 98).

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. Van Nostrand Reinhold. 1991. 494 p.

VIDAURRE, G.; VITAL, B. R.; ZANETI, L.; COLLI, A.; NAUMANN, R. Paricá uma espécie promissora. **Revista da Madeira**. Curitiba, n.97, p.22-24. jun. 2006.

ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, T. V.; MARTINELLI, N. M.; PINON T. B. M.; GUIMARAES, E. M. Ocorrência de *Quesada gigas* em *Schizolobium amazonicum* em Municípios do Maranhão e do Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.9, p. 943-945. set. 2004.

CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DE PLANTIOS DE PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) NA REGIÃO DE PARAGOMINAS, PA

Resumo – O objetivo deste estudo foi avaliar as principais características dendrométricas do paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) em plantios comerciais com idades de cinco, seis e sete anos, em espaçamento 4 x 4 m, na região de Paragominas, PA. Foram analisados o diâmetro, a altura e o fator de forma, comparando estes parâmetros com os de espécies de rápido crescimento, buscando-se indicações do potencial de crescimento do paricá. Também foram testados modelos para estimar o volume total das árvores e modelos hipsométricos para estimar a altura total. A seleção dos modelos tomou como base medidas de precisão, como R^2 , erro padrão das estimativas, bem como a análise gráfica dos resíduos. Em relação às características dendrométricas, os resultados obtidos mostraram que o paricá tem potencial de crescimento quando comparado ao crescimento do eucalipto. A espécie teve um bom crescimento tanto em diâmetro quanto em altura, e apresentou um fator de forma médio superior a de espécies tradicionais como no caso do eucalipto. Quanto às equações de volume total, de modo geral, o modelo de Schumacher & Hall apresentou os melhores resultados para estimar o volume das árvores. Para os modelos hipsométricos, observou-se um modelo diferente com melhor desempenho para cada idade avaliada, isto é, cinco seis e sete anos, indicando a influência da idade na estimação da altura das árvores.

Palavras-chave: altura, volume e biometria florestal.

Abstract – The purpose of this study was to evaluate the paricá's (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) main dendrometric characteristics in commercial plantations aged five, six and seven years in 4 x 4 m spacing in the region of Paragominas, PA. We analyzed the diameter, height and form factor by comparing these parameters with those of fast growing species, searching for indications of potential for growth paricá. We also tested models to estimate the total volume of trees and hypsometric models to estimate the total height. The selection of models took base precision measurements, such as R^2 , standard error of estimates, as well as graphical analysis of the waste. Regarding to the dendrometrical characteristics results, it showed that the paricá have growth potential when compared to growth of eucalypts. The species had good growth in both diameter and height, and had an average form factor than the traditional species as in the case of eucalyptus. As for the equations of total volume, generally, the model of Schumacher & Hall ended up as the best results to estimate the volume of trees. For hyposometrics models, there was a different model with better performance for each age assessed, ie, five six and seven years, indicating the influence of age in the estimation of tree height.

Keywords: height, volume and forest biometrics

1. INTRODUÇÃO

As florestas naturais no Brasil têm sido, desde o descobrimento, a principal fonte de madeira para atender as demandas internas do país e de outros países que importam a matéria prima e produtos relacionados. No entanto, a capacidade de suprir as demandas atuais e futuras vem diminuindo ao longo do tempo, haja vista a exploração predatória destas florestas. Atualmente, a aplicação de uma legislação ambiental mais rigorosa para exploração das florestas naturais tem equilibrado as relações entre a oferta e a demanda por madeira, diminuindo a exploração indiscriminada destes remanescentes florestais naturais.

Segundo Costa et al. (1998), nas últimas décadas houve um crescente investimento em plantios, homogêneos ou consorciados, de espécies florestais de rápido crescimento e elevado valor comercial, que se tornaram alternativa para as empresas do setor face o atual momento de inviabilidade na extração da madeira de matas nativas.

Estes empreendedores têm utilizado, principalmente, espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, os quais possuem vasto conhecimento sobre seus atributos qualitativos e quantitativos. Contudo, mais recentemente tem ocorrido um esforço para encontrar espécies nativas que produzam madeira de qualidade e em quantidade, em substituição a estes gêneros. Conforme ABRAF (2009), as áreas de plantio com espécies da flora brasileira representam pouco mais que 3% do total de florestas plantadas no país.

Na região amazônica, um exemplo de espécie nativa plantada para a produção de madeira em escala comercial, que vem se destacado nos últimos anos, é o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke).

O conhecimento das características dendrométricas inerentes às espécies utilizadas em plantios comerciais, facilita tanto no planejamento da produção quanto na comercialização do produto gerado. Neste contexto, pode-se proceder à realização de procedimentos de inventário florestal que visem a utilização de equações de volume e equações hipsométricas para árvores individuais, com a finalidade de tornar a atividade de coleta de dados mais operacional. Porém, um dos problemas enfrentados pelas empresas do setor, sobretudo na região amazônica, é a carência deste tipo de informação. Esse

fato acaba inviabilizando a utilização de espécies aptas para plantios florestais, como é o caso do paricá.

De acordo com Couto & Bastos (1989), o método da equação de volume (método estimativo) é o mais preciso dos métodos de estimação do volume de árvores em pé, contrapondo-se aos métodos do volume do cilindro e o da área basal. De acordo com estes autores, a grande vantagem das equações de volume é o cálculo do volume sólido, árvore a árvore, por meio de modelos estatísticos, especialmente testados para apresentar os menores erros.

Além disso, o método de estimação da altura das árvores em pé por meio de instrumentos é uma operação onerosa e sujeita a erros. Em função disso, o que se tem feito, na prática, é medir a altura de algumas árvores nas parcelas de inventário e estimar a altura das demais se empregando equações hipsométricas. Este procedimento é muito comum para as espécies florestais plantadas para fins comerciais, no Brasil, como o *Pinus* e o *Eucalyptus* (Couto & Bastos, 1989).

Para os gêneros citados, vários modelos estatísticos já foram testados e são correntemente empregados pelas empresas florestais do país. Por outro lado, para espécies pouco estudadas, como é o caso do paricá, pouco se sabe sobre quais modelos poderiam descrever com precisão as variações de volume e altura. Assim, considerando o exposto, este estudo teve como objetivo:

- Avaliar características dendrométricas do paricá, como o diâmetro, a altura e a forma das árvores, em diferentes idades.
- Avaliar o uso de modelos volumétricos já desenvolvidos para outras espécies florestais aplicados ao paricá em diferentes idades;
- Avaliar o uso de modelos hipsométricos já desenvolvidos para outras espécies florestais aplicados ao paricá em diferentes idades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. DADOS

Os dados para este estudo foram coletados em povoamentos homogêneos de *Schizolobium amazonicum*, situados entre os municípios de Dom Eliseu e Paragominas, Estado do Pará, pertencentes ao Grupo Concrem, com idades de cinco, seis e sete anos, e cujas árvores foram plantadas em espaçamento 4 x 4 metros.

Para obtenção dos dados foram selecionadas 62 árvores para a idade de cinco anos, 57 árvores para as idades de seis anos e 61 árvores para a idade de sete anos, totalizando 180 árvores-amostra, abrangendo todas as classes de diâmetro (Tabela 1). Em cada árvore-amostra mediu-se o diâmetro a 1,30 metros de altura (*DAP*) mínimo de 5 cm empregando-se uma suta, e a altura total da árvore (*H*), empregando-se uma trena. Na Tabela 1 é apresentada a distribuição de frequência das 180 árvores-amostra utilizadas.

Tabela 1 – Distribuição de frequência das árvores-amostra por idade e classes de diâmetro em plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA

| Idade (anos) | Classes de Diâmetro (cm) | | | | | | | | | | Total |
|--------------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | |
| 5 | - | 5 | 8 | 9 | 15 | 17 | 7 | 1 | - | - | 62 |
| 6 | - | 5 | 5 | 8 | 11 | 10 | 8 | 6 | 2 | 2 | 57 |
| 7 | 1 | 5 | 5 | 5 | 8 | 10 | 11 | 9 | 4 | 3 | 61 |
| Total | 1 | 15 | 18 | 22 | 34 | 37 | 26 | 16 | 6 | 5 | 180 |

Na cubagem rigorosa, devido a maior parte do volume das árvores se concentrar na região basal, e, ainda, considerando que as maiores variações na forma do tronco se encontram na sua base, fez-se um maior número de medições nessa região, visando aumentar a exatidão na determinação do volume. Assim, foram feitas medições sucessivas dos diâmetros nas alturas de 0; 0,5; 1,0; e 1,3 metros. A partir dos 1,3 metros, as medições sucessivas dos diâmetros e das espessuras de casca foram feitas em intervalos de 1 metro.

Os volumes foram obtidos por meio da fórmula de Smalian, conforme Husch et. al. (1972).

2.2. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DO PARICÁ

A partir da amostra descrita no item anterior, foram calculadas as seguintes variáveis dendrométricas para o paricá nas diferentes idades: diâmetros médios aritmético e quadrático (diâmetro da árvore de área basal média, conforme MELLO et al., 2005), diâmetros máximos e mínimos, alturas médias aritmética e de Lorey (SCOLFORO & FIGUEIREDO FILHO, 1998; IMAÑA-ENCINAS, 2002), alturas máximas e mínimas, fator de forma artificial (FINGER, 1992; PRODAN, et al., 1997), tomando-se com base para o cálculo da área do cilindro o *DAP*.

Estas variáveis dendrométricas calculadas para o paricá foram comparadas com as de outras espécies nativas, e especialmente com as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, no sentido de se avaliar, dentro do possível, o seu grau de desenvolvimento e inferir acerca do seu potencial de aproveitamento da madeira, tendo em vista as idades consideradas.

2.3. MODELOS DE VOLUME TOTAL

Considerando as espécies florestais tradicionalmente produzidas em plantios, principalmente os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, podem-se encontrar na literatura vários modelos volumétricos (LOETSCH et al., 1973) que foram utilizados para estas espécies. Para o paricá, Tonini et al. (2005a) e Silva et al. (2008) testaram alguns modelos e obtiveram resultados satisfatórios para a espécie. Assim, os modelos propostos para teste neste estudo foram os seguintes:

1. $V = \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} \varepsilon$

2. $V = \beta_0 D^{\beta_1} \varepsilon$

$$3. V = \beta_0 (D^2 H)^{\beta_1} \varepsilon$$

$$4. V = D^2 (\beta_0 + \beta_1 H) \varepsilon$$

$$5. V = \beta_0 + \beta_1 D^2 + \varepsilon$$

$$6. V = \beta_0 + \beta_1 D^2 H + \varepsilon$$

$$7. V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \varepsilon$$

$$8. V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \beta_3 DH + \beta_4 D^2 H + \varepsilon$$

em que:

- V = Volume total da árvore;
- $D = DAP$ = diâmetro com casca medido à 1,30 metros;
- H = Altura total da árvore;
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ e β_4 = parâmetros do modelo; e
- ε = erro aleatório.

2.4. MODELOS HIPSOMÉTRICOS

Vários modelos são citados por Couto & Bastos (1986); Scolforo (1993); Zanon et al. (1996); Barros et al. (2002); Caldeira et al. (2002); Imaña-Encinas et al. (2002); Campos & Leite (2006). Para o paricá, Tonini et al. (2005a) testaram alguns destes modelos que levam em consideração apenas o *DAP*.

Para este estudo foram utilizados quatro modelos que levam em consideração apenas o *DAP* da árvore-amostra, e outros três modelos que levam em consideração o *DAP* e a idade do plantio. Assim, os modelos selecionados foram:

$$1. H = \beta_0 + \beta_1/D + \varepsilon$$

$$2. H = \beta_0 + \beta_1/D^2 + \varepsilon$$

$$3. H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D)} \varepsilon$$

$$4. H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D^2)}$$

$$5. H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D + \beta_2/I + \beta_3/DI)} \varepsilon$$

$$6. \frac{1}{H - 1,3} = \beta_0 + \beta_1/D + \beta_2/I + \varepsilon$$

$$7. H - 1,3 = \frac{D^2}{\beta_0 + \beta_1/D + \beta_2/D^2 + \beta_3/I} + \varepsilon$$

em que:

- H = Altura total da árvore;
- D = DAP = diâmetro com casca medido à 1,30 metros;
- I = Idade (meses);
- e = exponencial;
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = parâmetros do modelo; e
- ε = erro aleatório.

2.5. CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DOS MODELOS

A seleção dos melhores modelos volumétricos e hipsométricos foi feita com base em testes de validação que levam em consideração as medidas de precisão das equações ajustadas, a saber: coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2), erro padrão absoluto ($S_{y,x}$), em metros cúbicos (m^3), erro padrão relativo ($S_{y,x}\%$) e na análise gráfica dos resíduos.

Considerando as diversas possibilidades de cálculo para a estatística R^2 , tal como apresentado em Kvålseth (1985), e nos cuidados que se deve ter ao se empregar esta estatística para comparar equações de modelos com naturezas diferentes, adotou-se neste trabalho uma expressão de cálculo sugerida por este mesmo autor, tendo em vista as características dos modelos comparados neste trabalho, a saber:

$$R^2 = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \right]}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}; \quad \bar{R}^2 = 1 - a(1 - R^2); \quad a = \frac{n-1}{n-p-1}$$

em que:

- Y_i = i-ésimo valor observado para a variável dependente Y, no caso deste estudo o volume e a altura total;
- \hat{Y}_i = i-ésimo valor estimado para a variável dependente Y;
- \bar{Y} = Média dos valores observados para a variável dependente Y;
- $n - 1$ = graus de liberdade do total na análise de variância da regressão;
- $n - p - 1$ = graus de liberdade do resíduo na análise de variância da regressão.

Os gráficos para avaliação dos resíduos tiveram como variável independente o *DAP* e como variável dependente os erros percentuais das estimativas dos volumes e das alturas, obtidas pela expressão a seguir:

$$e(\%) = \left(\frac{X_{obs} - X_{est}}{X_{obs}} \right) 100$$

em que:

- $e(\%)$ = resíduo da regressão, em percentagem;
- X_{obs} = volume ou altura observado;
- X_{est} = volume ou altura estimado.

Foi calculado também a estatística *t* para os parâmetros das equações ajustadas, em nível de 5% de probabilidade, com o objetivo de verificar a significância destes parâmetros.

2.6. AVALIAÇÃO DO EFEITO DA IDADE NAS RELAÇÕES VOLUMÉTRICA E HIPSOMÉTRICA

Considerando que os modelos propostos foram ajustados para as idades de cinco, seis e sete anos e, considerando também, que a idade é uma

das variáveis que pode afetar o desempenho destas relações, tornou-se necessário verificar se a idade estaria afetando as relações entre o diâmetro e a altura, tendo em vista os oito modelos de volume total e os sete modelos hipsométricos selecionados.

Para verificar esta hipótese, assumiu-se que, se diferentes modelos fossem escolhidos como os melhores nas diferentes idades, isso indicaria que a idade estaria afetando essas relações, pois para cada idade seria necessário um modelo diferente. Por outro lado, se um único modelo fosse escolhido para todas as idades, ainda assim não se poderia dizer que a idade não afeta essas relações.

Assim, as equações ajustadas poderiam ter estimativas dos parâmetros estatisticamente diferentes, evidenciando o efeito da idade. Nesse caso, é necessário aplicar um teste estatístico para avaliar as hipóteses de que as equações referentes a um mesmo modelo são (H_0) ou não (H_a) estatisticamente iguais em nível de 5% de probabilidade. Se forem iguais, aí sim se pode dizer que a idade das árvores não afeta a relação entre o diâmetro e a altura.

Assim sendo, na hipótese da escolha de um mesmo modelo linear, selecionado em todas as idades, foi utilizado o teste de Chow, citado por Greene (1997), cuja estatística é a seguinte:

$$F_c = \frac{[SQRes^* - (SQRes_1 + SQRes_2)]/P}{(SQRes_1 + SQRes_2)/(n_1 + n_2 - 2P)}$$

em que:

- F_c = Valor de F calculado;
- $SQRes^*$ = Soma de quadrados do resíduo para a equação considerando os dados das situações 1 e 2 a serem comparadas ($n_1 + n_2$). As situações 1 e 2 poderiam ser, por exemplo, duas idades diferentes;
- $SQRes_1$ = Soma de quadrados do resíduo para a equação estimada apenas com os dados da situação 1 (n_1);
- $SQRes_2$ = Soma de quadrados do resíduo para a equação estimada apenas com os dados da situação 2 (n_2);
- P = número de parâmetros;

- $n_1 + n_2 =$ número de observações.

A não rejeição da hipótese H_0 em nível de 5% de probabilidade para o teste de Chow leva a concluir que as equações ajustadas para as diferentes idades são iguais, podendo-se, portanto, empregar uma única equação que represente todas as idades. Conclusão em contrário ocorreria se fosse rejeitada H_0 , ou seja, seria necessária uma equação para cada idade.

Se um mesmo modelo não linear fosse selecionado em todas as idades, seria utilizado o teste apresentado por Regazzi (2003), no qual a identidade entre modelos não lineares pode ser testada pela estatística Qui-quadrado, tal como se segue:

$$x^2_{calculado} = -n \ln \left(\frac{SQR_{\Omega}}{SQR_{\omega}} \right)$$

em que:

- $x^2_{calculado}$ = Qui-quadrado calculado;
- SQR_{Ω} = soma de quadrados do resíduo do modelo completo;
- SQR_{ω} = soma de quadrados do resíduo do modelo reduzido;
- n = número total de dados.
- \ln = logaritmo neperiano.

No caso deste trabalho, as hipóteses testadas pela estatística Qui-quadrado, em nível de 5% de probabilidade foram as seguintes:

- H_0 : $a_1 = \dots = a_g (= a)$; $b_1 = \dots = b_g (= b)$; $c_1 = \dots = c_g (= c)$; $d_1 = \dots = d_g (= d)$.
- H_a : pelos menos uma igualdade é uma desigualdade.

Tal que, a_i , b_i e c_i correspondem, respectivamente, aos parâmetros β_0 , β_1 e β_2 dos modelos 1, 2, 3 e 4, de volume total, para i variando de 1 até 3 (ou seja, g igual a três grupos de idades). Para os modelos hipsométricos 3, 4, 5, 6 e 7, a_i , b_i , c_i e d_i correspondem, respectivamente, aos parâmetros β_0 , β_1 , β_2 e β_3 .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS AVALIADAS

Os resultados da avaliação das características dendrométricas do paricá estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Características dendrométricas avaliadas em plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA, em diferentes idades

| | TOTAL | | 5 ANOS | | 6 ANOS | | 7 ANOS | |
|------------------------------------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| | <i>DAP</i> | <i>H</i> | <i>DAP</i> | <i>H</i> | <i>DAP</i> | <i>H</i> | <i>DAP</i> | <i>H</i> |
| \bar{X} | 20,16 | 22,00 | 19,15 | 21,15 | 20,07 | 21,78 | 21,28 | 23,06 |
| Mín | 11,65 | 5,89 | 12,86 | 5,89 | 12,06 | 12,62 | 11,65 | 15,00 |
| Máx | 29,90 | 28,90 | 24,73 | 28,90 | 28,97 | 26,98 | 29,90 | 28,20 |
| D_Q | 20,53 | | 19,35 | | 20,75 | | 21,70 | |
| H_L | 22,94 | | 21,78 | | 22,80 | | 23,99 | |
| $\bar{f}_{1,3}$ | 0,48 | | 0,47 | | 0,44 | | 0,51 | |
| <i>f</i> _{1,3} <i>Mín</i> | 0,33 | | 0,35 | | 0,33 | | 0,48 | |
| <i>f</i> _{1,3} <i>Máx</i> | 0,89 | | 0,89 | | 0,88 | | 0,68 | |

\bar{X} = Média aritmética; Mín e Máx = *DAP* (cm) e *H* (m) mínimos e máximos; D_Q = diâmetro quadrático (cm); H_L = altura média de Lorey (m); $\bar{f}_{1,3}$ = fator de forma artificial médio.

A partir destas variáveis dendrométricas calculadas, conforme apresentado na Tabela 2, foi possível fazer um comparativo entre estas com as de outras espécies no sentido de avaliar o potencial de aproveitamento da madeira do paricá, face ao que a literatura apresenta. Os resultados encontrados em diferentes regiões do Brasil, com espaçamentos variados e diferentes espécies estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores máximos, mínimos e médios de *DAP* e *H* avaliados em plantios brasileiros, em diferentes idades e espaçamentos

| Autor/ Região | Espécies | Idade (anos) | Espaçamento (m) | DAP(cm) | | | H(m) | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------|---------|------|------|------|------|------|
| | | | | Mín | Méd | Máx | Mín | Méd | Máx |
| Rondon (2002)/MT | Paricá | 5 | 4 x 4 | - | 19,5 | - | - | 20,0 | - |
| | | 5 | 4 x 3 | - | 17,4 | - | - | 21,5 | - |
| | Andiroba | 7 | 2,5 x 2 | - | 10,5 | - | - | 9,2 | - |
| Tonini et al. (2005b)/RO | Castanha- do-brasil | 7 | 2,5 x 2 | - | 13,5 | - | - | 11,3 | - |
| | Ipê-roxo | 7 | 2,5 x 2 | - | 10,7 | - | - | 8,3 | - |
| | Jatobá | 7 | 2,5 x 2 | - | 8,6 | - | - | 6,0 | - |
| Leite et al. (1997)/MG | <i>Eucalyptus grandis</i> | 2,6 | 4 x 4 | - | 13,0 | - | - | 15,2 | - |
| | | 3,3 | 4 x 4 | - | 14,9 | - | - | 19,0 | - |
| Gonçalves et al. (1990)/SP | <i>E. grandis</i> | 5-7 | 3,0 x 1,5 | 9,0 | 12,6 | 14,3 | 13,7 | 20,9 | 23,5 |
| | <i>E. saligna</i> | 5-7 | 3,0 x 1,5 | 10,9 | 12,9 | 11,9 | 17,8 | 20,3 | 19,3 |
| Vieira et al. (2007)/RO | <i>E. grandis x E. urophylla</i> | 7 | 3 x 2 | - | 20,0 | - | - | 20,5 | - |
| | <i>P. caribea hondurensis</i> | 7 | 3 x 2 | - | 13,3 | - | - | 13,9 | - |
| | Sumaúma | 7 | 3 x 4 | - | 12,2 | - | - | 24,0 | - |
| | Teca | 7 | 3 x 4 | - | 20,2 | - | - | 22,6 | - |
| | Paricá | 7 | 4 x 3 | 16,4 | 17,6 | 18,9 | 16,5 | 18,6 | 20,8 |
| Tonini et al. (2006)/RR | <i>E. grandis x E. urophylla</i> | 6 | 3 x 2 | 8,4 | 11,3 | 15,3 | 14,4 | 18,0 | 22,8 |
| | | Teca | 6 | 4 x 3 | - | 7,7 | - | - | 5,4 |
| Machado (2002)/SP | <i>Pinus oocarpa</i> | 5 | 2 x 2 | 4,4 | 17,5 | 20,4 | 5,2 | 9,6 | 12,7 |
| | | 6 | 2 x 2 | 6,1 | 13,6 | 20,3 | 8,2 | 12,6 | 16,3 |
| | | 7 | 2 x 2 | 6,3 | 14,7 | 24,1 | 7,9 | 13,7 | 17,8 |

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3 foi possível observar que no trabalho de Rondon (2002) as médias de *DAP* e *H* na idade de cinco anos foram bem parecidas com as deste estudo, sendo importante ressaltar que seus resultados foram obtidos no estado do Mato Grosso. Isso reforça a idéia de se estudar as características dendrométricas das espécies pouco conhecidas, como é o caso do paricá, para evidenciar suas potencialidades em diferentes locais e assim poder afirmar sua utilização no mercado florestal.

Já no trabalho de Tonini et al. (2006), realizado no estado de Roraima, os autores encontraram resultados pouco inferiores para o paricá na idade de sete anos porém em espaçamento ligeiramente reduzido, o que reforça a idéia da importância de realizar este tipo de estudo comparativo para efeitos de conhecimento do desempenho da espécie em diferentes locais e, ainda, em regimes diferentes de manejo. Vale salientar que os resultados encontrados pelos autores evidenciam que a espécie possui características típicas de rápido crescimento, sendo este fato importante por identificar o potencial de sua utilização.

É importante ressaltar também que, em se tratando de espécies potencialmente aptas para plantios florestais, como é o caso dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, há uma gama de trabalhos científicos enfatizando as características dendrométricas dessas espécies, transformando-os nos mais utilizados pelos produtores. Comparar suas características dendrométricas com as do paricá pode ser um grande indicador do potencial que esta espécie pode apresentar para utilização pelos produtores.

Sendo assim, pela observação da Tabela 3, nota-se que o paricá possui grande potencial de crescimento quando comparado, por exemplo, aos resultados encontrados por Leite et al. (1997) para eucalipto. Admitindo-se que o eucalipto seja uma espécie já muito estudada e que se encontra em um estágio tecnológico de produção já bem avançado, crescer de forma semelhante a essa espécie pode ser considerado um indicador positivo.

Por outro lado, esta comparação deve ser feita com ressalvas uma vez que as condições de crescimento que envolve a comparação proposta provavelmente são muito diferentes e, portanto, sem o rigor científico que permitiria uma afirmação mais contundente. Além disso, não foi feita nenhuma comparação com relação ao volume, variável esta muito importante como medida de crescimento.

Mesmo assim, os resultados parecem animadores uma vez que se há um bom crescimento do paricá em diâmetro e altura, além de um fator de forma semelhante ao do eucalipto, as expectativas são, então, de que esta espécie também tenha uma boa produção volumétrica. Cabe considerar também como fato positivo que o paricá é ainda uma espécie com baixo desenvolvimento tecnológico, podendo-se projetar, assim, ganhos significativos no aumento do crescimento dessa espécie.

Os resultados encontrados no trabalho de Gonçalves et al. (1990), mostraram que o eucalipto pode apresentar menor crescimento quando o espaçamento é reduzido, porém evidencia que em termos de diâmetro, o paricá pode apresentar maior potencial de crescimento. Já no trabalho de Vieira et al. (2007) na região amazônica, os resultados encontrados para o eucalipto em espaçamento reduzido mostram grande potencial de utilização da espécie quando comparado ao paricá, podendo também ser uma alternativa de uso para produção florestal.

Em relação às espécies nativas, no trabalho de Tonini et al. (2005b) realizado em Rondônia, foi observado que mesmo em espaçamento reduzido, as espécies estudadas apresentaram baixo potencial quando comparadas com eucalipto e até mesmo com paricá. Já no trabalho de Vieira et al. (2007) na mesma região, os resultados encontrados são bem parecidos com os do paricá, revelando a existência de outras espécies nativas com grande potencial de produção.

Para o gênero *Pinus*, os trabalhos de Machado (2002), na região sudeste e Vieira et al. (2007), na região amazônica, mostraram resultados inferiores quando comparados aos resultados obtidos com o paricá. Isso se deve ao fato de que as características de crescimento diferenciado das espécies deste gênero são sabidamente conhecidas. Este fato potencializa ainda mais a utilização do paricá, principalmente para produção de lâminas para compensado, que é um dos principais usos dados à madeira de *Pinus* no país.

Em relação ao fator de forma, Scolforo & Figueiredo Filho (1998) apresentam fatores de forma médios para *Pinus* spp, *Eucalyptus* spp e espécies de floresta natural. Os autores observaram que espécies do gênero *Eucalyptus* tendem a ser mais cônicas que as do gênero *Pinus*, que por sua vez tendem a ser mais cônicas que espécies de floresta natural. Os fatores de forma médios encontrados foram: Para *Eucalyptus* 0,43, para *Pinus* 0,48 e, para as espécies nativas, 0,78.

Em relação aos trabalhos apresentados na Tabela 3, para o paricá, Tonini et al. (2006) encontraram fator de forma médio de 0,44 e, para os clones de eucalipto, média de 0,43. Tonini et al. (2005b), encontram fator de forma de 0,50 para andiroba, 0,48 para castanha-do-brasil, 0,44 para ipê-roxo e 0,38 para jatobá.

No caso deste trabalho, o fator de forma médio encontrado para o paricá considerando as três idades avaliadas (cinco, seis e sete anos) foi de 0,48, podendo-se afirmar minimamente que ele é semelhante aos resultados encontrados para espécies tradicionais como o eucalipto. Foi verificado, ainda, que as médias das três idades diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey, sendo a idade de sete anos estatisticamente diferente das demais.

3.2. ESTIMATIVAS DE VOLUME TOTAL PARA O PARICÁ

3.2.1. Estatísticas das equações de volume total avaliadas

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, observa-se que, de maneira geral, as equações ajustadas para os oito modelos avaliados apresentaram desempenho semelhante nas diferentes idades em termos de precisão, com ligeiras diferenças em favor de um ou de outro modelo.

Tabela 4 – Equações de volume total ajustadas para plantios de paricá situados na região de Paragominas em diferentes idades e suas respectivas medidas de precisão

| <i>Idade</i> | <i>Equações</i> | <i>S_{y,x}</i> (m ³) | <i>S_{y,x}</i> (%) | <i>R²</i> Ajust. |
|--------------|--|---|-------------------------------|--------------------------------|
| 5 | 1. $\hat{V} = 0,000079 * D^{2,036925} * H^{0,709241}$ * | 0,0247 | 8,16 | 94,42 |
| | 2. $\hat{V} = 0,000214 * D^{2,435371}$ * | 0,0321 | 10,59 | 90,60 |
| | 3. $\hat{V} = 0,000062 * (D^2 H)^{0,940202}$ * | 0,0253 | 8,35 | 94,15 |
| | 4. $\hat{V} = D^2(0,000194 * + 0,000027 * H)$ | 0,0244 | 8,06 | 94,55 |
| | 5. $\hat{V} = -0,06512 * + 0,000958 D^2$ | 0,0313 | 10,32 | 91,06 |
| | 6. $\hat{V} = 0,016728^{ns} + 0,000034 * D^2 H$ | 0,0252 | 8,31 | 94,21 |
| | 7. $\hat{V} = 0,266618^{ns} - 0,022015^{ns} D + 0,00037^{ns} D^2$ | 0,0311 | 10,27 | 91,15 |
| | 8. $\hat{V} = -0,078265^{ns} + 0,009229^{ns} D - 0,000043^{ns} D^2 - 0,000075^{ns} DH + 0,00003^{ns} D^2 H$ | 0,0253 | 8,36 | 94,23 |
| 6 | 1. $\hat{V} = 0,000047 * D^{1,807919} * H^{1,092732}$ * | 0,0417 | 12,20 | 93,33 |
| | 2. $\hat{V} = 0,000261 * D^{2,363573}$ * | 0,0469 | 13,74 | 91,53 |
| | 3. $\hat{V} = 0,000059 * (D^2 H)^{0,94335}$ * | 0,0414 | 12,12 | 93,41 |
| | 4. $\hat{V} = D^2(10,00012 * + 0,000029 * H)$ | 0,0417 | 12,32 | 93,19 |
| | 5. $\hat{V} = -0,060527 * + 0,000938 * D^2$ | 0,0469 | 13,74 | 91,53 |
| | 6. $\hat{V} = 0,015976^{ns} + 0,000034 * D^2 H$ | 0,0416 | 12,19 | 93,33 |
| | 7. $\hat{V} = 0,005073^{ns} - 0,00669^{ns} D + 0,001102 * D^2$ | 0,0472 | 13,82 | 91,42 |
| | 8. $\hat{V} = 0,0839487 * - 0,152233 * D + 0,005431 * D^2 + 0,003193 * DH - 0,000121 * D^2 H$ | 0,0371 | 10,86 | 94,71 |
| 7 | 1. $\hat{V} = 0,000201 * D^{2,023123} * H^{0,465923}$ * | 0,0347 | 7,64 | 95,59 |
| | 2. $\hat{V} = 0,00046 * D^{2,232298}$ * | 0,0391 | 8,80 | 95,44 |
| | 3. $\hat{V} = 0,000107 * (D^2 H)^{0,894285}$ * | 0,0384 | 8,46 | 95,79 |
| | 4. $\hat{V} = D^2(0,000463 * + 0,00002 * H)$ | 0,0343 | 7,57 | 96,57 |
| | 5. $\hat{V} = -0,054676 * + 0,001061 * D^2$ | 0,0388 | 8,55 | 95,70 |
| | 6. $\hat{V} = 0,03759 * + 0,000036 * D^2 H$ | 0,0391 | 8,63 | 95,62 |
| | 7. $\hat{V} = -0,138394^{ns} + 0,008441^{ns} D + 0,000857 * D^2$ | 0,0389 | 8,57 | 95,68 |
| | 8. $\hat{V} = -0,251326^{ns} + 0,035108^{ns} D - 0,000543^{ns} D^2 - 0,000523^{ns} DH + 0,000041^{ns} D^2 H$ | 0,0346 | 7,63 | 96,58 |

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste *t*.

É importante notar nas idades de cinco e sete anos, o modelo oito teve os seus parâmetros estimados considerados não significativos tomando-se como base o teste t em nível de 5% de probabilidade, mesmo apresentando um R^2 elevado.

Isto pode ocorrer em casos em que há uma alta correlação entre as variáveis independentes do modelo, que é o caso deste modelo, fazendo com que o determinante da matriz $(X'X)$ seja bem próximo de zero, inflacionando a variância dos parâmetros estimados e, comprometendo assim, a sensibilidade do teste t em detectar a significância dos parâmetros. Neste caso, poderia se afirmar então que o modelo oito não está bem especificado e que alguma(s) variável(is) poderia(m) ser eliminada(s).

No caso das idades de cinco e sete anos, o modelo 4 apresentou-se ligeiramente mais preciso que o modelo 1. Já para a idade de seis anos, o modelo 8 apresentou melhor desempenho. Resultados inferiores para idade de cinco anos foram encontrados por Tonini et al. (2005a), sendo o melhor, com $\bar{R}^2 = 0,79$ e $S_{y,x} (\%) = 14,08$.

A partir da Tabela 3 é possível concluir também que para a idade de seis anos as equações ajustadas apresentaram precisão ligeiramente inferior à apresentada para as idades de cinco e sete anos, que tiveram desempenhos semelhantes. Isto pode denotar algum tipo de influência da idade no desempenho das equações, mas pode significar também algum tipo de efeito aleatório decorrente das amostras coletadas, necessitando-se de mais pesquisas para se definir melhor a influência da idade na estimação do volume de árvores individuais de paricá.

É importante ressaltar ainda que os modelos 1 e 4 tiveram resultados de precisão bem parecidos nas três idades, o que pode levar à decisão da escolha de apenas um modelo para as três idades. Assim, a análise dos resíduos entra como uma boa ferramenta de decisão nesta situação.

3.2.2. Análise gráfica dos resíduos

Nas Figuras 1, 2 e 3 são apresentadas as análises gráficas dos resíduos para os modelos avaliados nas idades de cinco, seis e sete anos.

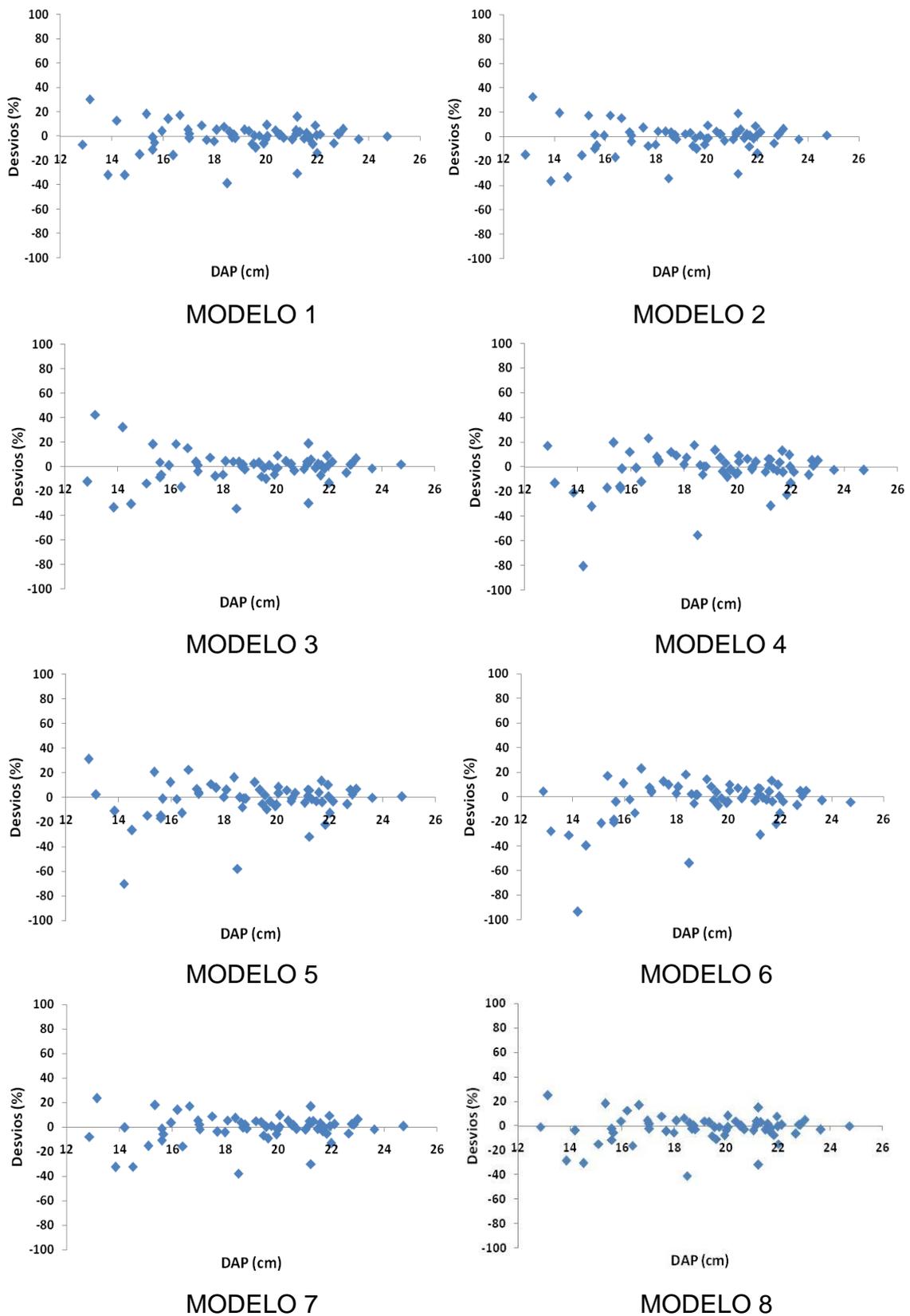


Figura 1 – Resíduos percentuais em função do DAP para os modelos de volume avaliados, considerando a idade de cinco anos.

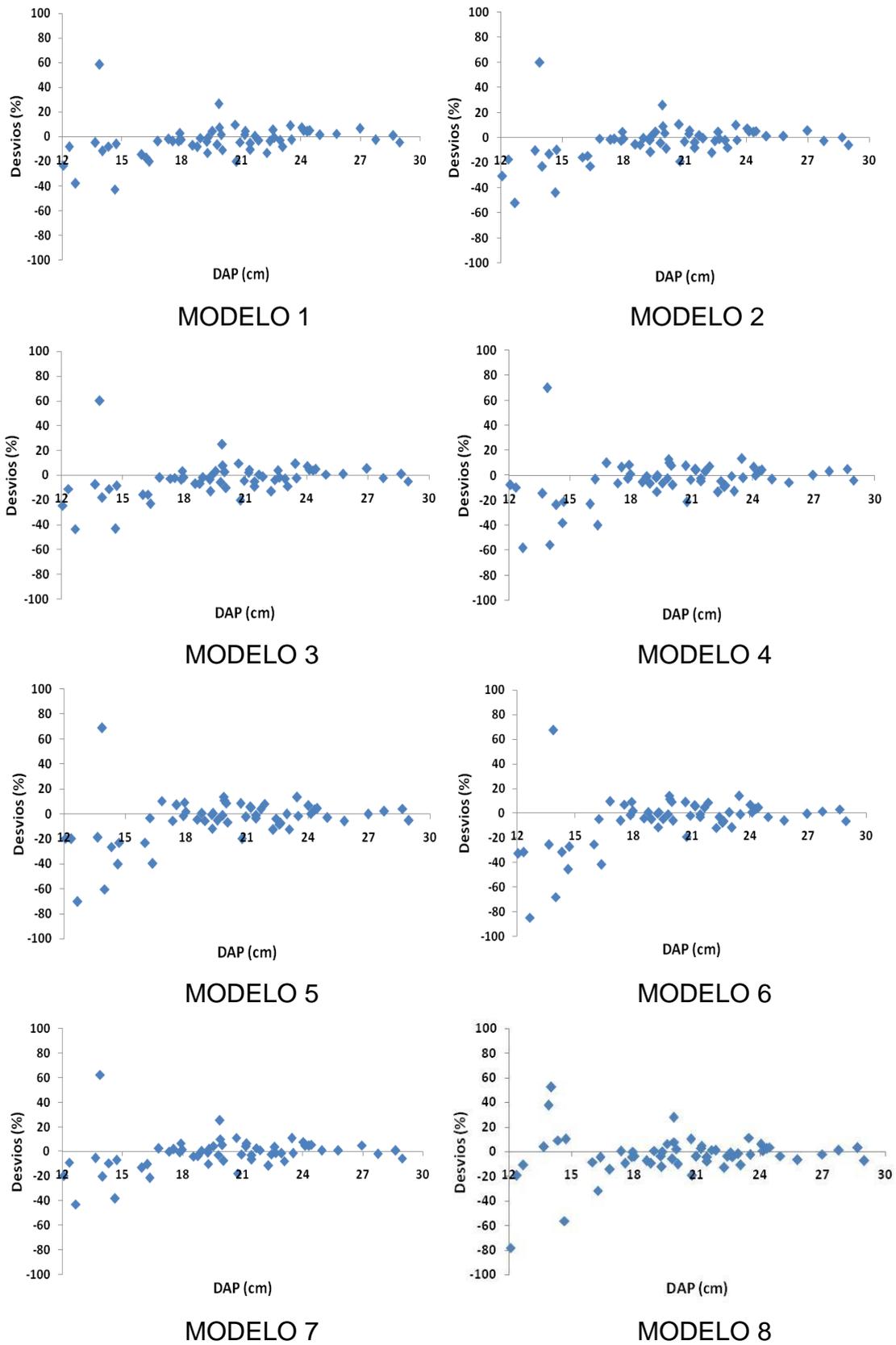


Figura 2 – Resíduos percentuais em função do DAP para os modelos de volume avaliados, considerando a idade de seis anos.

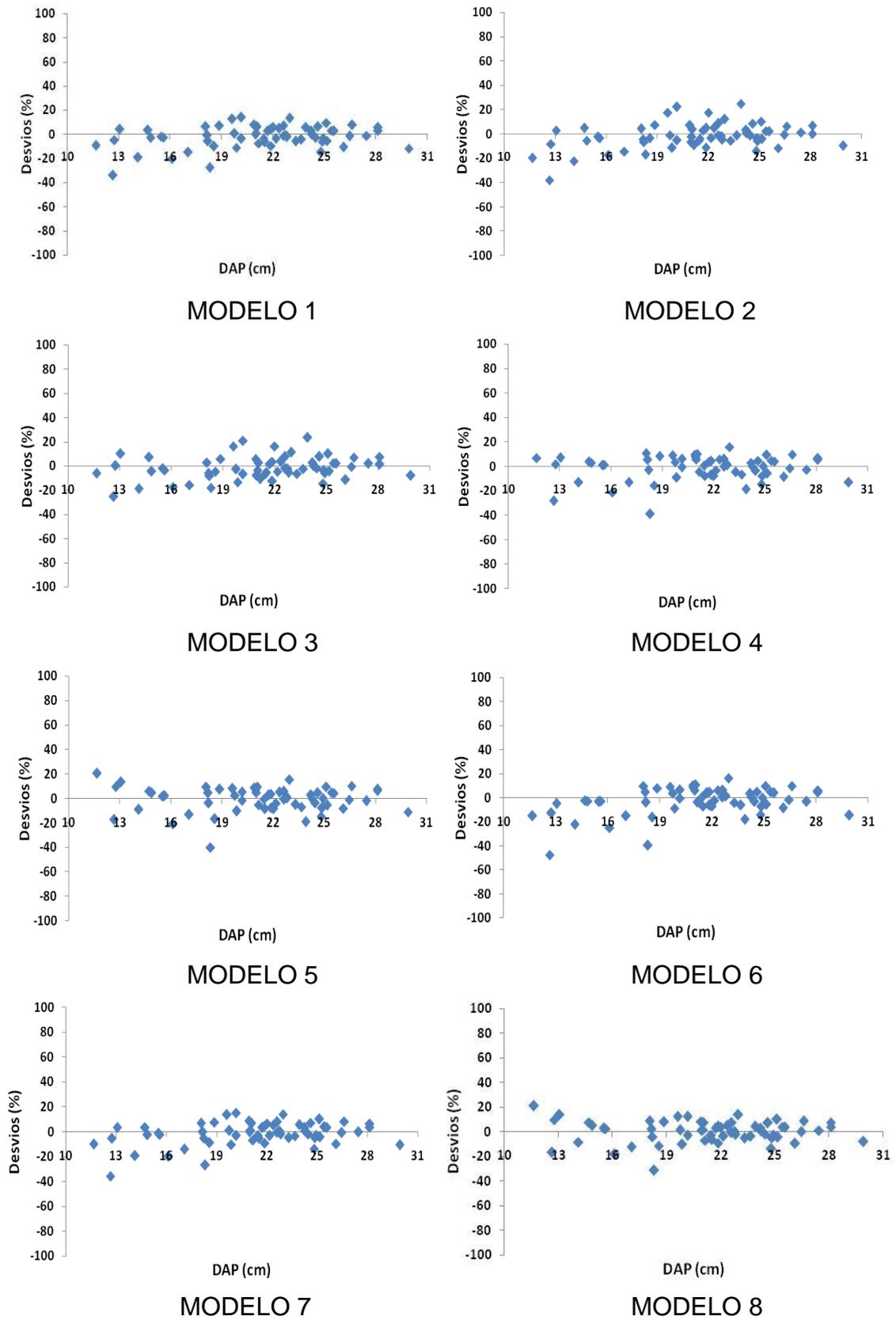


Figura 3 – Resíduos percentuais em função do DAP para os modelos de volume avaliados, considerando a idade de sete anos.

Observa-se para todos os modelos em todas as idades, uma tendência em se produzir estimativas menos precisas para as árvores menores. Nota-se na Figura 2, associada à idade de seis anos, que esta tendência foi mais pronunciada, com quatro ou cinco *outliers* os quais provocaram uma maior variação na escala dos resíduos para as menores árvores. Estes resultados estão de acordo com as medidas de precisão apresentadas na Tabela 2, que indicam equações menos precisas para a idade de seis anos.

A questão dos *outliers* está relacionada a erros provocados, principalmente, pela quebra acidental das árvores-amostra na obtenção dos dados. Além desse fato, há o fator fisiológico da árvore, que muitas vezes apresenta algum problema de crescimento que as diferenciam da maioria das amostras coletadas. Uma possível solução é o estudo genético para melhoramento da espécie.

Associando-se as medidas de precisão apresentadas na Tabela 4 e os gráficos de resíduos das Figuras 1, 2 e 3, dado que os modelos 1 e 4 tiveram as melhores medidas de precisão, quando se avalia os resíduos, o modelo 1 parece levar ligeira vantagem, apresentando menor tendenciosidade das estimativas, especialmente para as árvores menores. Considerando ainda a significância assintótica dos parâmetros estimados pelo teste *t*, em nível de 5% de probabilidade, o bom desempenho em todas as idades e a fundamentação teórica que define a forma funcional do modelo de Schumacher & Hall (modelo 1), além de sua enorme tradição de uso no setor florestal, este modelo parece ser uma alternativa adequada para estimar o volume total de madeira de paricá.

3.2.3. Avaliação do efeito da idade na estimação dos volumes totais

Admitindo que os modelos 1 e 4 tiveram resultados mais precisos nas três idades, houve a necessidade de aplicação do teste Qui-quadrado para comparar semelhanças estatísticas entre os parâmetros conforme descrito na metodologia deste estudo.

Assim, na aplicação do teste foram encontrados os seguintes resultados: modelo 1: $x^2_{calculado} = 81,11$; $x^2_{(6;5\%)} = 12,6$; modelo 4: $x^2_{calculado} =$

78,41; $\chi^2_{(4;5\%)} = 9,49$; em que $\chi^2_{calculado}$ refere-se ao valor calculado de Qui-quadrado; $\chi^2_{(6;5\%)}$ e $\chi^2_{(4;5\%)}$ correspondem, respectivamente, aos valores tabelados de Qui-quadrado para os graus de liberdade dos modelos 1 e 4, em nível de 5% de probabilidade.

É importante esclarecer que, de acordo com o apresentado por Regazzi (2003), os graus de liberdade equivalem ao número de parâmetros estimados para o modelo completo (no caso deste trabalho, nove para o modelo 1, sendo três para cada grupo de idade; e 6 para o modelo 4, dois para cada grupo de idade) menos o número de parâmetros estimados para o modelo restrito (3 parâmetros para o modelo 1, e 2 para o modelo 4).

Como o Qui-quadrado calculado foi maior que o tabelado para 5% de probabilidade, pode-se dizer que as equações associadas aos modelos 1 e 4 foram estatisticamente diferentes em nível de 5% probabilidade.

Com isso, rejeitou-se a hipótese H_0 , significando que a idade afeta a relação entre o diâmetro e a altura das árvores e conseqüentemente seu volume. Assim, ficou evidenciado que há necessidade de se empregar uma equação para cada idade para estimar o volume das árvores de paricá.

No caso deste trabalho é muito importante ressaltar que o efeito da idade deve ser avaliado com cuidado, uma vez que os dados foram coletados em plantios com três idades diferentes em um mesmo momento do tempo. O ideal seria que os dados fossem coletados em um mesmo plantio em momentos diferentes do tempo, o que por razões operacionais não foi possível fazer. Por outro lado, como as áreas amostradas encontravam-se próximas, com condições de produção e manejo semelhantes, os resultados encontrados podem ser encarados como um indicativo de que há efeito da idade, o que inclusive é o que teoricamente se espera. Por outro lado, é indiscutível a necessidade de novos estudos mais detalhados para corroborar estes resultados.

3.3. ESTIMATIVAS DE ALTURA PARA O PARICÁ

3.3.1. Estatísticas das equações hipsométricas avaliadas

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, observa-se que, de maneira geral, as equações ajustadas tiveram desempenho semelhante dentro de cada idade, com pequenas variações nas medidas de precisão, proporcionando um erro médio das estimativas ($S_{y,x}\%$) inferior a 10% para as três idades.

Tabela 5 – Equações hipsométricas ajustadas para plantios de paricá situados na região de Paragominas em diferentes idades e suas respectivas medidas de precisão

| <i>Idade</i> | <i>Equações</i> | $S_{y,x}$ (m ³) | $S_{y,x}$ (%) | \bar{R}^2 Ajust. |
|--------------|---|--------------------------------|------------------|-----------------------|
| 5 | 1. $\hat{H} = 32,102^* - 198,218^*/D$ | 1,86 | 8,49 | 41,26 |
| | 2. $\hat{H} = 26,57^* - 1730,13^*/D^2$ | 1,88 | 8,54 | 40,57 |
| | 3. $\hat{H} = e\left(3,57252^* - \frac{9,48635^*}{D}\right)$ | 1,86 | 8,49 | 41,31 |
| | 4. $\hat{H} = e\left(3,3142^* - \frac{85,1453^*}{D^2}\right)$ | 1,86 | 8,49 | 41,27 |
| | 5. $\hat{H} = e\left(1,835^{ns} - \frac{4,694^{ns}}{D} + \frac{104,23^{ns}}{I} - \frac{287,53^{ns}}{DI}\right)$ | 1,90 | 8,64 | 39,22 |
| | 6. $\hat{H} = \left(\frac{1}{89,88^* + 0,51^*/D - 5391,51^*/I}\right) + 1,3$ | 1,94 | 8,84 | 36,30 |
| | 7. $\hat{H} = \left(\frac{D^2}{7,5896^* + 260,57^*/D + 0,0448^*/D^2 - 4,3483^*/I}\right) + 1,3$ | 1,89 | 8,62 | 39,45 |
| 6 | 1. $\hat{H} = 34,513^* - 244,375^*/D$ | 1,67 | 7,32 | 76,43 |
| | 2. $\hat{H} = 27,80^* - 2110,95^*/D^2$ | 1,68 | 7,36 | 76,21 |
| | 3. $\hat{H} = e\left(3,6818^* - \frac{11,6964^*}{D}\right)$ | 1,71 | 7,47 | 75,46 |
| | 4. $\hat{H} = e\left(3,375^* - \frac{106,421^*}{D^2}\right)$ | 1,67 | 7,29 | 76,63 |
| | 5. $\hat{H} = e\left(1,89^{ns} - \frac{5,80^{ns}}{D} + \frac{128,99^{ns}}{I} - \frac{424,57^{ns}}{DI}\right)$ | 1,74 | 7,61 | 75,00 |
| | 6. $\hat{H} = \left(\frac{1}{-1353,07^* + 0,61^*/D + 97422,04^*/I}\right) + 1,3$ | 2,69 | 11,77 | 39,12 |
| | 7. $\hat{H} = \left(\frac{D^2}{10,795^* - 85,092^*/D + 0,0467^*/D^2 + 1,1745^*/I}\right) + 1,3$ | 1,67 | 7,34 | 75,66 |
| 7 | 1. $\hat{H} = 34,663^* - 235,756^*/D$ | 2,08 | 8,56 | 67,49 |
| | 2. $\hat{H} = 28,88^* - 2041,85^*/D^2$ | 2,10 | 8,65 | 66,84 |
| | 3. $\hat{H} = e\left(3,6701^* - \frac{10,9642^*}{D}\right)$ | 2,10 | 8,63 | 66,99 |
| | 4. $\hat{H} = e\left(3,386^* - \frac{100,152^*}{D^2}\right)$ | 2,08 | 8,55 | 67,55 |
| | 5. $\hat{H} = e\left(1,835^{ns} - \frac{5,482^{ns}}{D} + \frac{154,14^{ns}}{I} - \frac{460,49^{ns}}{DI}\right)$ | 2,13 | 8,53 | 70,13 |
| | 6. $\hat{H} = \left(\frac{1}{-3,3048^* + 0,55^*/D - 279,23^*/I}\right) + 1,3$ | 2,13 | 8,61 | 65,10 |
| | 7. $\hat{H} = \left(\frac{D^2}{8,469^* - 330,79^*/D + 0,041^*/D^2 + 3,394^*/I}\right) + 1,3$ | 2,08 | 8,53 | 70,19 |

* significativo em nível de 5 % de probabilidade pelo teste *t*.

É importante notar que em todas as idades, o modelo 5 teve os seus parâmetros estimados considerados não significativos tomando-se como base o teste t em nível de 5% de probabilidade. Este caso se assemelha com o do modelo 8 de volume total. Assim, poderia se afirmar que o modelo 5 não está bem especificado e que alguma(s) variável(is) poderia(m) ser eliminada(s), pelos mesmos motivos descritos anteriormente.

Outro fato relevante está nas medidas de precisão das equações ajustadas apresentados na Tabela 5. Para a idade de cinco anos percebe-se que os modelos 1, 3 e 4 tiveram praticamente os mesmos resultados, porém o modelo 3 apresenta maior R^2 ajustado. Já na idade de seis anos, o modelo 4 apresenta-se ligeiramente mais preciso que os demais. Finalmente na idade de sete anos, o modelo 7 foi o mais preciso.

Na avaliação de modelos de relação hipsométrica em povoamentos de eucalipto não desbastados, Demolinari (2006) encontrou coeficientes de determinação superiores a 90%. No entanto, deve-se ressaltar que este autor avaliou modelos mais elaborados que incluíam a altura dominante e a idade, bem como utilizaram dados de inventários contínuos. Scolforo (1993) também avaliando modelos mais elaborados que incluíam outras variáveis do povoamento além do DAP , só que para o gênero *Pinus*, encontrou resultados bem precisos na estimação da altura, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 90% e erros padrões relativos das estimativas ($S_{y,x}$ %) próximos a 7%.

3.3.2. Análise gráfica dos resíduos

Analisando graficamente os resíduos (Figuras 4, 5 e 6) é possível verificar que em todas as idades, os modelos testados apresentaram resultados semelhantes. Nas Figuras 4 e 5, relativas às idades de cinco e seis anos, respectivamente, é possível verificar-se que as equações ajustadas propiciaram erros maiores para as árvores com DAP menores.

Resultados semelhantes em termos de tendência foram encontrados por Scolforo (1993) e Demolinari (2006), ou seja, estimativas menos precisas para as árvores menores. Para a idade de sete anos (Figura 6), todas as

equações tiveram comportamento semelhante, com leve tendência de subestimação dos volumes de árvores entre 20 e 25 cm de *DAP*.

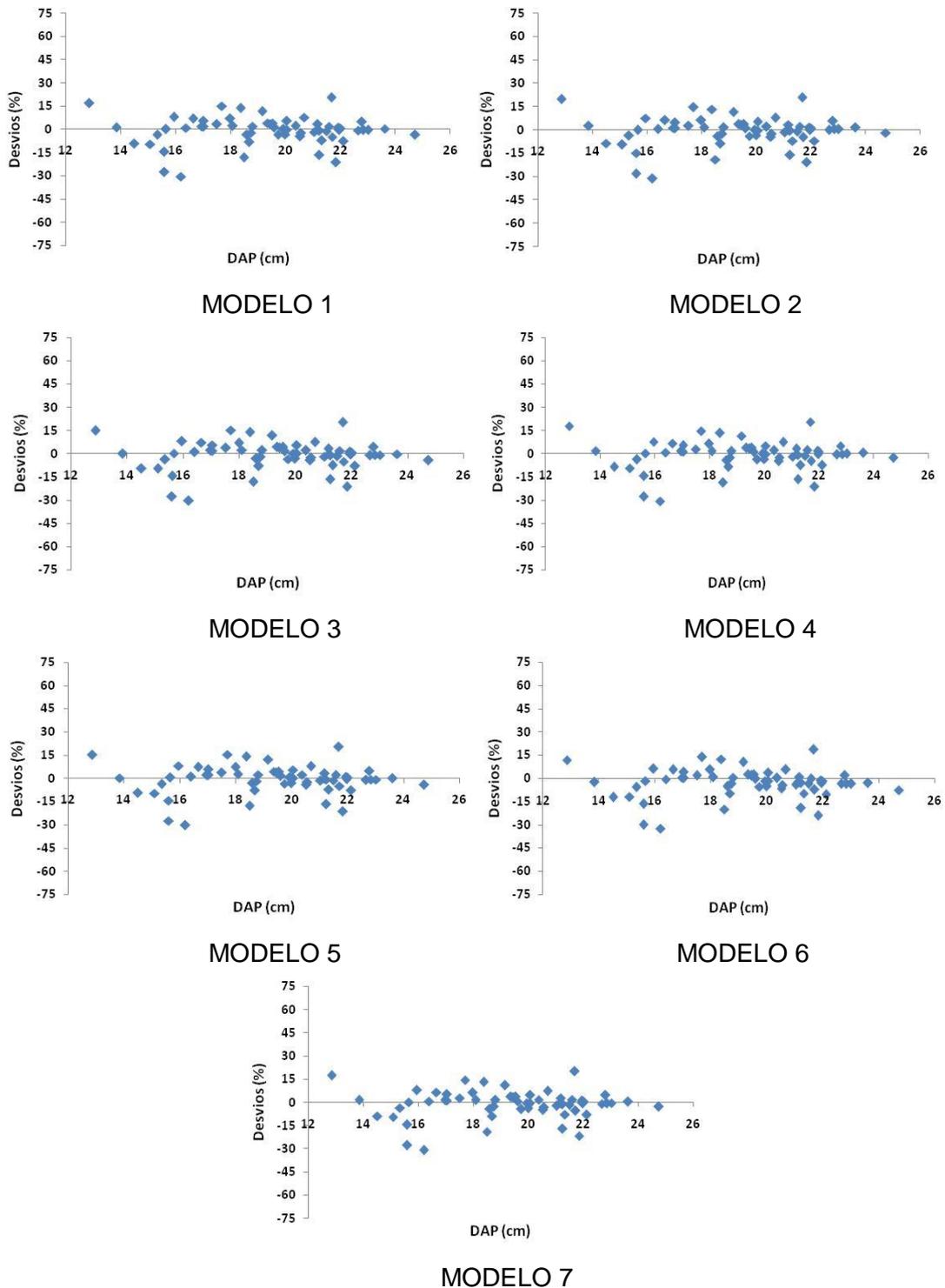


Figura 4 – Resíduos percentuais em função do DAP para os modelos hipsométricos avaliados, considerando a idade de cinco anos.

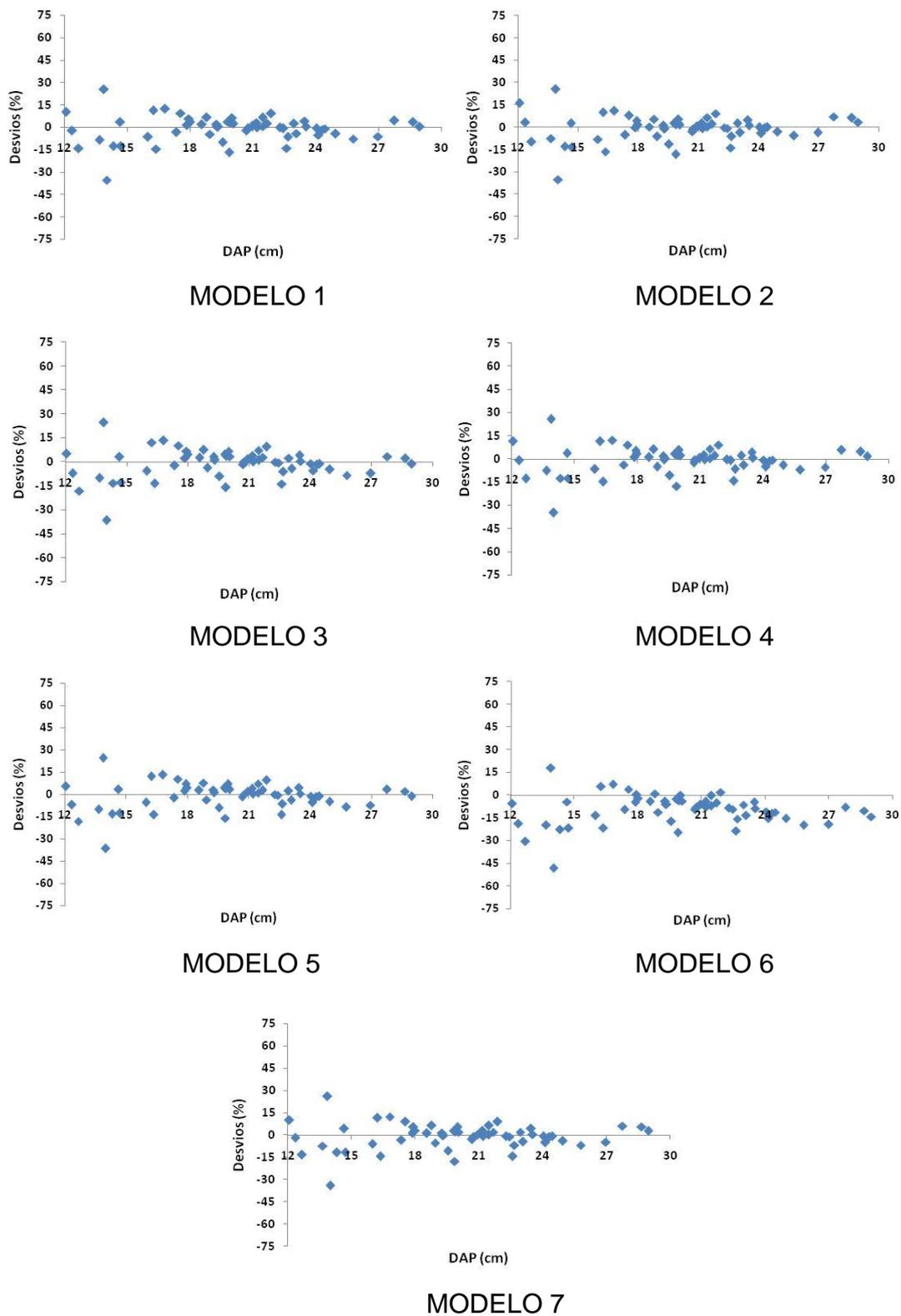


Figura 5 – Resíduos percentuais em função do DAP para os modelos hipsométricos avaliados, considerando a idade de seis anos.

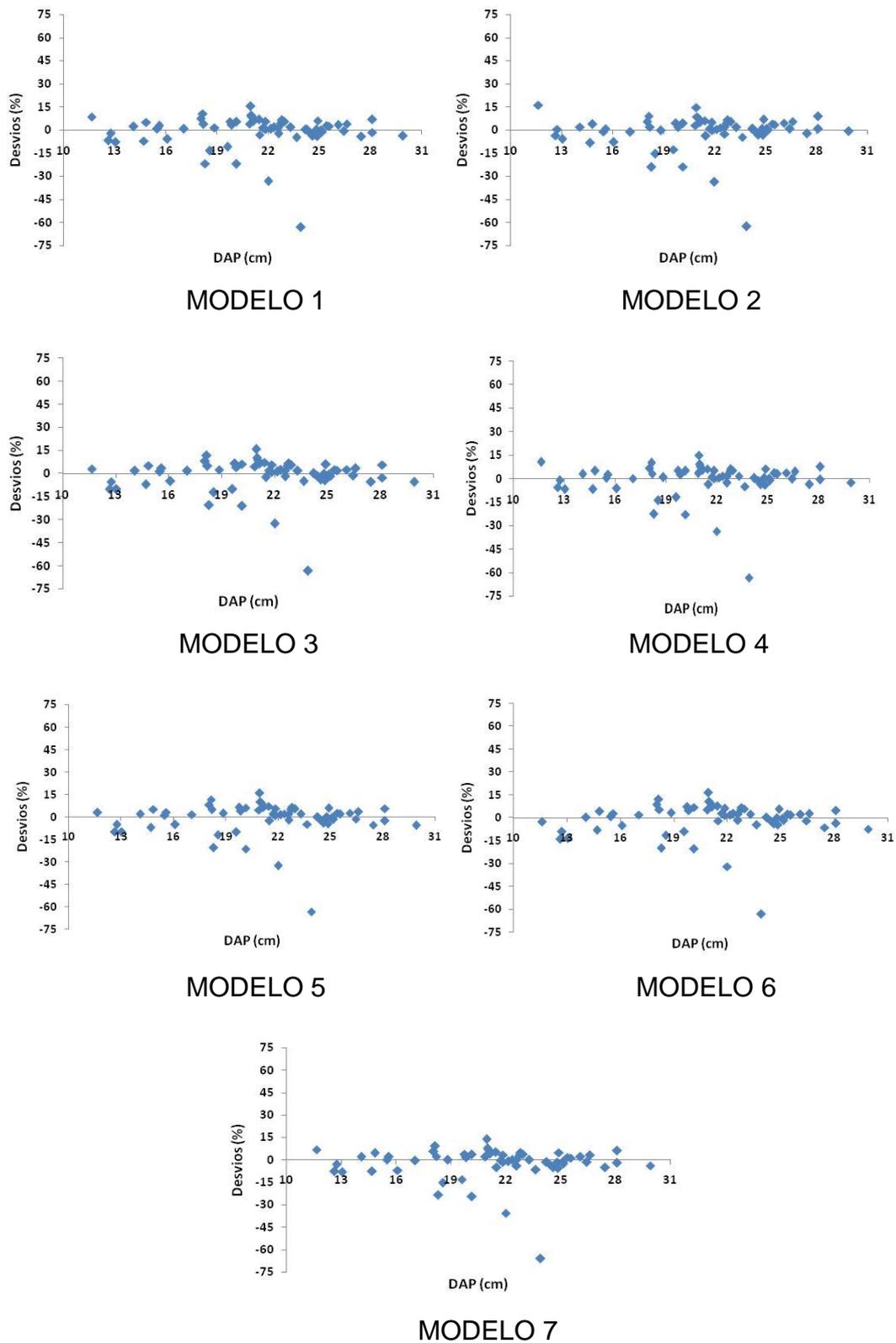


Figura 6 – Resíduos percentuais em função do DAP para os modelos hipsométricos avaliados, considerando a idade de sete anos.

3.3.3. Avaliação do efeito da idade na estimação da altura total

As discussões apresentadas no item 3.3.1 sugerem que os modelos mais indicados para as idades de 5, 6 e 7 anos, foram, respectivamente, os modelos 3, 4 e 7, tendo em vista as medidas de precisão. As análises gráficas dos resíduos apresentadas no item 3.3.2 corroboram este resultado, o que permite afirmar que foi selecionado um diferente modelo para cada idade. Neste caso, não é necessário aplicar o teste de identidade de modelos, uma vez que o simples fato de se selecionar modelos diferentes para cada idade indica o efeito da idade sobre a estimação da altura, resultado condizente com a teoria que trata do tema.

Novamente, assim como foi discutido para o volume, é importante ressaltar que o efeito da idade deve ser avaliado com cuidado, uma vez que os dados foram coletados em plantios com três idades diferentes em um mesmo momento do tempo. O ideal seria que os dados fossem coletados em um mesmo plantio em momentos diferentes do tempo, o que por razões operacionais não foi possível fazer. Por outro lado, como as áreas amostradas encontravam-se próximas, com condições de produção e manejo semelhantes, os resultados encontrados podem ser encarados como um indicativo de que há efeito da idade, o que não exclui a necessidade de novos estudos mais detalhados para corroborar estes resultados.

É muito importante ressaltar também que os plantios estudados encontravam-se em nível tecnológico ainda muito incipiente quando comparados aos plantios de eucalipto, por exemplo, o que leva a níveis de controle da produção não tão eficientes. Isto permite supor plantios com maior variabilidade das variáveis estudadas, isto é, tanto o volume quanto a altura e mesmo os diâmetros tendem a variar mais. Esta variação tende a ser maior comparativamente a plantios de eucalipto, por exemplo, em que o manejo é muito mais desenvolvido, havendo um grande controle das práticas o que leva a povoamentos mais homogêneos.

Tais considerações são importantes na medida em que, de acordo com o sugerido por Scolforo & Figueiredo Filho (1998), relações hipsométricas tendem a apresentar resultados mais precisos em povoamentos mais bem manejados por tenderem a ser mais homogêneos pelo maior controle sobre a

produção. Sob esta ótica, os resultados encontrados nesse trabalho são promissores, isto é, mesmo sob condições de manejo ainda não muito razoáveis, as técnicas de estimação do volume e da altura apresentaram resultados satisfatórios para o paricá.

À medida que as empresas possam investir em um manejo com melhor nível técnico, produzindo povoamentos mais homogêneos, os métodos de mensuração apresentados nesse trabalho configuram-se como ferramentas com grande potencial para atender às demandas do inventário florestal dos produtores de paricá na região do estudo.

4. CONCLUSÕES

- Quanto às características dendrométricas do paricá, a espécie obteve resultados satisfatórios quando comparados as das espécies tradicionais dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* se mostrando com grande potencial para plantios comerciais na região estudada;
- Os modelos de volume total avaliados apresentaram desempenhos semelhantes nas diferentes idades em termos de precisão, com ligeira vantagem para o modelo 1, seguido pelo modelo 4, em todas as idades.
- Na aplicação do teste Qui-quadrado para os modelos 1 e 4, concluiu-se que, para estimar o volume das árvores de paricá, deve-se utilizar uma equação para cada idade;
- Na análise gráfica de resíduos houve uma pequena tendência na estimativa do volume das menores árvores em todos os modelos avaliados, em todas as idades. O modelo 1 mostrou-se menos tendencioso quando comparado ao modelo 4, podendo ser este um critério de decisão na escolha da melhor equação.
- Em relação aos modelos hipsométricos avaliados, estes também apresentaram desempenho muito próximos em termos de medidas de precisão e comportamento dos resíduos, com ligeira vantagem para o modelo 3 na idade de cinco anos, 4 na idade de seis e 7 na idade de sete anos; e uma desvantagem um pouco mais nítida para o modelo 6.
- Os resultados da análise gráfica dos resíduos foram semelhantes para todos os modelos em todas as idades, com erros maiores para as árvores com *DAP* menores, e leve tendência de subestimação das alturas de árvores entre 20 e 25 cm na idade de sete anos.
- Há indicações de influências da idade tanto na estimação do volume quanto da altura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO estatístico da ABRAF. In.: **Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas [home page]**. Brasília: 2009. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF09-BR.asp>>. Acesso em: 6 Jun. 2009.

BARROS, D. A. de; MACHADO, S. A.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Colombo, n.45, p. 3-28, jul./dez. 2002.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SHEEREN. L. W.; BARICHELO, L. R.; WATZLAWICK, L. F. Relação hipsométrica para *Acacia mearnsii* com diferentes idades. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Colombo, n. 45, p. 57-68, jul./dez. 2002.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: Perguntas e respostas. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, p. 470. 2006.

COSTA, D. H. M.; REBELLO, F. K.; D'ÁVILA, J. L.; SANTOS, M. A. S.; LOPES, M. L. B. **Alguns aspectos silviculturais sobre o Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber)**. Belém: Banco da Amazônia, 1998. 19 p. (Série Rural 2).

COUTO, H. T. Z. de; BASTOS, N. L. M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v. 1, p. 33-44. 1986.

COUTO, H. T. Z. de; BASTOS, N. L. M. Mensuração e Gerenciamento de Pequenas Florestas. **Documentos Florestais** (IPEF). Piracicaba, n.5, p.1-37, nov. 1989.

DEMOLINARI, R. A. **Crescimento de povoamentos de eucalipto não-desbastados**. 2006. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. 1. ed. Santa Maria. UFSM/FATEC/CEPEF, 1992. 269p.

GONÇALVES, J. L. M.; DEMATTÊ, J. L. I.; COUTO, H. T. Z. Relações entre produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo. **Revista do IPEF**. Piracicaba, n.43/44, p.24-39. 1990.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. New Jersey: New York University, 1997. 1075p.

HUSC, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. Forest mensuration. 2.ed New York: **Ronald Press**, 1972. 409 p.

IMAÑA-ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; KISHI, I. T. Variáveis dendrométricas. **Comunicações técnicas florestais**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 102. 2002.

KVÅLSETH, T.O. Cautionary note about R^2 . **The Amerian Statistician**. parte 1, v.39, n.4, p.279-285. 1985.

LEITE, F. P.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SANS, L. M. A.; FABRES, S. A. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**: Viçosa, v. 21, p. 313-321, 1997.

LOETSCH, F.; ZOEHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen: BLV, v.2, 1973. 469p.

MACHADO, S. do A.; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M. B da. **Comparação de métodos de estimativa de volume para *Pinus oocarpa* em diferentes idades e diferentes regimes de desbaste**. Colombo: Boletim de Pesquisa Florestal, n.50, p. 81-98. jan./jun. 2005.

MELLO, J. M. de; BATISTA, J. L. F.; OLIVEIRA, M. S. de; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. R. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **Revista Cerne**. Lavras, v. 11, n. 2, p. 113-126, abr./jun. 2005.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura Forestal**. (GTZ) GmbH/IICA, Costa Rica, 1997. 561p.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**. São Paulo, v.50, n.287, p.9-26. 2003.

RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium Amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 26, n. 5, p.573-576. 2002.

SCOLFORO, J. R. S. **Mensuração florestal 3: Relações quantitativas: Em volume, peso e a relação hipsométrica**. Lavras: DCF-ESAL. 1993. 291p.

SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria florestal: medição e volumetria de árvores**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 1998. 310p.

SILVA, G. F.; HOFFMANN, R. G.; FIEDLER, N. C.; MÔRA, R.; PIASSI, L. C.; SANTOS, E. M. do.; OLIVEIRA, O. M. de. Equações volumétricas para plantações de paricá (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex Ducke) na região de Paragominas, PA. In: Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal, 4, 2008, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 345-351, 2008.

TONINI, H.; PEREIRA, M. R. N.; ARCO-VERDE, M. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. M. de. **Seleção de equações para o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), no Estado de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima. 2005a. 20p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 4).

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. de. **Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb) e jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)**. Manaus: Acta Amazônica, v. 35, n. 3, p. 353-362. 2005b.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M.; SCHWENGBER, D.R.; MOURÃO JÚNIOR, M. Avaliação de espécies florestais em área de mata no estado de Roraima. **Revista Cerne**. Lavras, v.12, n.1, p.8-18. 2006.

VIEIRA, A. H.; ROCHA, R. B.; GAMA, M. M. B.; LOCATELLI, M. **Desempenho de sumaúma (*Ceiba pentandra* Gaertn) em plantio adensado no Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007. 4p. (Circular Técnica 95).

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 e diâmetro de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 87-90. 1996.

CAPÍTULO II

AValiação DO RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO DE MADEIRA DE PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) NA REGIÃO DE PARAGOMINAS, PA

Resumo – O objetivo deste estudo foi avaliar o rendimento em laminação de madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) em plantios comerciais na região de Paragominas, PA, com idades de cinco, seis e sete anos e espaçamento 4 x 4 m. Foram avaliados o rendimento médio na atividade, levando em consideração as três idades, e os rendimentos por idade e por classe de diâmetro, com finalidade de verificar a existência de possíveis influências destas variáveis no processo de laminação. Além disso, foi analisado também se modelos usualmente empregados para estimar volume de madeira teriam aplicação para estimar a produção de lâminas. Os resultados apontaram um rendimento médio de 50,31% na atividade, o que é compatível com espécies de outros gêneros, principalmente *Pinus* e *Eucalyptus*. Em relação à idade, o paricá apresentou rendimentos em laminação superiores para as maiores idades provavelmente pelo fato das árvores apresentarem maiores diâmetros. Quanto à comparação estatística dos rendimentos na laminação de madeira de paricá, verificou-se que somente entre as idades de 5 e 7 anos houve diferença estatística pelo teste “t”. Verificou-se também uma influência do diâmetro no rendimento da laminação, sendo que o aumento de diâmetro promoveu o aumento de rendimento. Em relação aos modelos de volume avaliados para estimar a produção de lâminas, estes tiveram desempenhos semelhantes nas diferentes idades em termos de precisão, com ligeira vantagem para o modelo de Schumacher e Hall.

Palavras-chave: dendrometria, métodos estatísticos, volume comercial.

Abstract – The purpose of this study was to evaluate the paricá's (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) yield of wood lamination in commercial plantations in the region of Paragominas, PA, aged five, six and seven years and 4 x 4 m spaced. We evaluated the average income in the activity, taking into account the three ages, and incomes by age and diameter class, with the purpose of verify the existence of possible influences of these variables in the rolling process. Furthermore, we verified whether the use of models to estimate the volume of production of veneers would be feasible. The results showed an average yield of 50,31% in activity, which is compatible with species from other genus, mainly like *Pinus* and *Eucalyptus*. Regarding the age, the paricá yields in excess lamination for the highest ages possibly because the trees have higher diameters. As for the statistical comparison of incomes in wood lamination of paricá, it was found that only between ages 5 and 7 years were no statistical difference by “t” test. There was also a statistical influence on yield in diameter lamination, and an increase in diameter caused increase of productivity. Regarding to the volume models evaluated to estimate the blades production, these ones had the same development in different ages in terms of accuracy, with a slight advantage for the Schumacher and Hall model.

Keywords: dendrometrical, statistical methods, trade

1. INTRODUÇÃO

O processamento mecânico da madeira remonta aos primórdios do ser humano, e seu desenvolvimento acompanhou a evolução da civilização, partindo dos primeiros instrumentos rudimentares, até chegar aos equipamentos computadorizados da atualidade (ALBUQUERQUE, 1996). Dos produtos gerados a partir desta atividade, têm-se as lâminas de madeira que, segundo Iwakiri (1998), podem ser definidas como um material produzido pela ação de corte, por meio de uma “faca específica”, variando de 0,13 até 6,35 mm de espessura, sendo as mais empregadas pela indústria de laminação nacional, as que se situam na faixa entre 1 e 4,5 mm.

O principal uso das lâminas de madeira é como matéria prima para a indústria de compensado, cujos painéis são destinados à construção civil, fabricação de móveis, pisos e embalagens. As lâminas são utilizadas também na fabricação de fósforos e suas embalagens, palitos para sorvetes, revestimentos de móveis e outras superfícies (TSOUMIS, 1991).

No Brasil, as primeiras laminadoras e fábricas de compensados foram instaladas na década de 30. Inicialmente, a matéria prima utilizada era originária de espécies nativas da floresta amazônica e de espécies da floresta atlântica, onde havia exploração da madeira sem a devida reposição da mesma. Contudo, com o passar das décadas, em vista de uma legislação ambiental mais rigorosa para exploração das florestas nativas, principalmente a partir da década de 80, houve a necessidade de utilização de matéria prima originária de florestas plantadas.

No Sul do país, a madeira de *Pinus* spp começou a ser utilizada em escala comercial, tornando-se a principal matéria prima para produção de lâminas e compensados. Na região Sudeste, o eucalipto tem se tornado uma espécie promissora na produção de lâminas de madeira através do melhoramento genético. Já no Norte, uma espécie nativa da região amazônica passou a ser muito utilizada para produção de lâminas e compensados. Conforme Marques et al (2006), a madeira de paricá vem sendo estudada há mais de três décadas, se tornando referência na produção de lâminas e compensados no Estado do Pará.

No contexto da produção de lâminas de madeira a partir de florestas plantadas, o principal problema encontrado pelas empresas do setor está no aproveitamento da madeira. Os principais fatores que influenciam nesta resposta estão relacionados à madeira – densidade (média a baixa), características do fuste (diâmetro e forma), e grã direita a levemente inclinada; ao processo – aquecimento das toras; velocidade de corte, ajuste da faca e barra de pressão, afiação da faca, dentre outros. Além destes, o baixo nível tecnológico dos equipamentos empregados, associado com a elevada idade média destes e com a carência de técnicas modernas e especializadas, também contribui para um baixo rendimento (LUTZ, 1978; SELLERS JR, 1985; TSOUMIS, 1991 e BALDWIN, 1995).

Assim, para um aumento na produtividade, estes autores acima citados sugeriram a busca por madeiras que tenham maior fator de forma, maior diâmetro da tora e menor rolo resto. Já Mendes et al (2000) destacaram os cuidados no manuseio e preparação das toras no que se refere a condições de armazenamento, conversão das toras e acondicionamento das toras para laminação, além de critérios adequados quanto à seleção, preparação/ajuste, operação e manutenção dos equipamentos.

Dessa forma, as empresas esperam que o aproveitamento no processo, desde o corte da madeira até a obtenção das lâminas, seja o mais alto possível. Sendo assim, é possível determinar o rendimento de madeira a partir da diferença entre o volume total das toras e o volume das lâminas que estas geram. Para o paricá, pouco se sabe sobre o comportamento da espécie face as perdas na produção de lâminas. Diante destes fatos, este presente trabalho teve como objetivos:

- Avaliar o rendimento de madeira em laminação, verificando possíveis influências das variáveis *idade* e *diâmetro*;
- Avaliar o uso de modelos de volume para produção de lâminas de madeira de paricá.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MEDIÇÃO DO VOLUME LAMINADO E RENDIMENTO DA LAMINAÇÃO

Para esta parte do estudo foram utilizadas as mesmas 180 árvores-amostra empregadas para o ajuste das equações no capítulo I, divididas pelas idades de cinco, seis e sete anos (62, 57 e 61 árvores-amostra, respectivamente, para as idades de cinco, seis e sete anos). Entretanto, no caso deste capítulo, o objetivo foi estimar o volume produzido de lâmina. Para tal, as 180 árvores-amostra foram abatidas, retirando-se a copa e as ramificações existentes e medindo-se o fuste até um diâmetro mínimo de 10 cm. As sobras foram aproveitadas no processo para geração de energia e produção de carvão. Após esta etapa, cada tora foi dividida em toretes com 1,38 m de comprimento. Este comprimento de torete é o normalmente utilizado pela empresa, uma vez que o torno empregado para a produção de lâminas apresenta 1,5 m de boca.

Os toretes produzidos para cada árvore foram devidamente identificados, o que permitiu rastrear a que árvore os toretes pertenciam e como foi o seu rendimento na produção de lâminas na sequência do processo. Em cada torete, mediram-se os diâmetros em cada ponta e no centro, procedendo-se com a cubagem dos mesmos pelo método de Newton, conforme descrito por Husch et. al. (1972). Dessa forma, foi possível conhecer o volume de cada torete relativo a cada árvore-amostra. Assim, o volume deixado no campo para cada árvore-amostra foi obtido pela diferença entre o volume total do fuste até um diâmetro mínimo de 10 cm e o somatório dos volumes dos toretes, com 1,38 m de comprimento, produzidos para cada árvore-amostra, tal como se segue:

$$V_{campo_j} = VT_j - VTT_j \quad (2.1.1)$$

- V_{campo_j} = volume deixado no campo para a j-ésima árvore-amostra após o corte dos toretes, em m³;
- VT_j = volume total do fuste cubado no campo para a j-ésima árvore-amostra até o diâmetro mínimo de 10 cm, em m³;

- VTT_j = Volume total dos toretes cubados para a j-ésima árvore-amostra, isto é, $VTT_j = \sum_{i=1}^n VTorete_i$, em que $VTorete_i$ corresponde ao volume do i-ésimo torete, relativo à j-ésima árvore amostra, em m³.

Aproveitando-se das definições de cálculo ora apresentadas, definiu-se o volume total do fuste cubado no campo até um diâmetro mínimo de 10 cm (VT) para todas as árvores em uma mesma idade. Esta informação será útil posteriormente para se calcular o volume relativo de perdas e o rendimento da laminação, e pode ser obtida pela seguinte expressão:

$$VT = \sum_{j=1}^n VT_j \quad (2.1.2)$$

em que $n = 62, 57, 61$, respectivamente, para as idades de 5, 6 e 7 anos.

Após esta etapa, os toretes foram carregados e transportados até a fábrica. Como para o paricá não há necessidade de pré-aquecimento dos toretes, imediatamente estes passaram pela fase de torneamento, onde foram laminados.

Nesta fase, as lâminas na saída do torno tinham diferentes tamanhos, sendo obtidos vários comprimentos, variando em 2,76; 1,45; 0,98; 0,66; 0,45; 0,38 e 0,29 m, com largura de 1,38 m e espessura de 2,2 mm. Dessa forma, foi possível obter o volume de cada lâmina separadamente pela fórmula apresentada por Mendes et al., 2000:

$$VLam_i = L \cdot C \cdot e \quad (2.1.3)$$

em que:

- $VLam_i$ = volume da i-ésima lâmina, em m³;
- L = comprimento da lâmina, em m;
- C = largura da lâmina, em m;
- e = espessura da lâmina, em m.

Admitindo que todos os toretes de uma mesma árvore-amostra foram laminados e o volume de cada lâmina foi calculado a partir da expressão (2.1.3), o volume total laminado para cada árvore-amostra foi obtido, então, pelo somatório do volume das lâminas, tal como se segue:

$$VTLam_j = \sum_{i=1}^n VLam_i \quad (2.1.4)$$

- $VTLam_j$ = volume total laminado para a j-ésima árvore-amostra, considerando todos os toretes trazidos do campo, em m³;
- $VLam_i$ = tal como definido na expressão (2.1.3).

Para auxiliar a obtenção do rendimento da laminação e aproveitando-se das variáveis definidas na expressão (2.1.4), é apresentado a seguir uma expressão para o cálculo do volume total laminado ($VTLam$) para todas as árvores em uma mesma idade, tal como se segue:

$$VTLam = \sum_{j=1}^n VTLam_j \quad (2.1.5)$$

em que $n = 62, 57, 61$, respectivamente, para as idades de 5, 6 e 7 anos.

O cálculo do rendimento para cada idade foi feito então dividindo-se o volume total laminado (expressão 2.1.5) em cada idade pelo volume total do fuste até o diâmetro mínimo de 10 cm (expressão 2.1.2) em cada idade, multiplicando-se o resultado desta razão por 100, Isto é:

$$Rend = \frac{VTLam}{VT} \cdot 100 \quad (2.1.6)$$

2.2. MEDIÇÃO DAS PERDAS NO PROCESSO DE LAMINAÇÃO

Assim como ocorreram perdas no campo com a divisão do fuste de cada árvore-amostra em toretes (expressão 2.1.1), também ocorreram perdas com o processo de laminação. Estas perdas acontecem basicamente a partir de duas causas principais:

- Perdas devido a presença do rolo resto;
- Defeitos na madeira devido a maior ou menor presença de fendas e nós e, também, devido à tortuosidade natural apresentada pelos toretes.

O volume devido a presença do rolo resto foi calculado a partir da seguinte expressão:

$$VRR_i = \frac{\pi}{40000} d^2 L \quad (2.1.7)$$

- VRR_i = volume do i-ésimo rolo-resto, em m³;
- d = diâmetro na metade do comprimento (L) do rolo resto, em cm;
- L = comprimento do rolo resto, em m.

O volume total de rolo resto para cada árvore-amostra foi calculado tal como se segue:

$$VTRR_j = \sum_{i=1}^n VRR_i \quad (2.1.8)$$

- $VTRR_j$ = volume total de rolo resto para a j-ésima árvore-amostra, considerando todos os toretes trazidos do campo, em m³;
- VRR_i = tal como definido na expressão (2.1.7).

Considerando as expressões até aqui definidas, foi possível delinear o cálculo do total de perdas e dos três tipos de perdas ocorridos no processo de laminação, em termos absolutos e relativos. Estes cálculos foram feitos para cada uma das idades, considerando-se que o número de árvores (n) para as

idades de cinco, seis e sete anos foi, respectivamente, 62, 57 e 61. As perdas relativas foram calculadas em função do volume total de perdas (TP , variável definida a seguir) e do volume total do fuste até um diâmetro mínimo de 10 cm (VT , tal como definido na expressão 2.1.2). Assim, os cálculos foram realizados de acordo com o que se segue:

- Volume total de perdas no processo de laminação (TP), em m^3 :

$$TP = \sum_{j=1}^n (VT_j - VT_{lam_j}) \quad (2.1.9)$$

em que $n = 62, 57, 61$, respectivamente, para as idades de 5, 6 e 7 anos.

- Volume total de perdas no campo (PC), em m^3 e (%):

$$PC = \sum_{j=1}^n V_{campo_j} \quad (2.1.10)$$

$$PC(\%) = \frac{PC}{TP} \cdot 100 \quad \text{ou} \quad PC(\%) = \frac{PC}{VT} \cdot 100 \quad (2.1.11)$$

- Perdas na laminação devido ao rolo resto (PRR), em m^3 e (%):

$$PRR = \sum_{j=1}^n V_{TRR_j} \quad (2.1.12)$$

$$PRR(\%) = \frac{PRR}{TP} \cdot 100 \quad \text{ou} \quad PRR(\%) = \frac{PRR}{VT} \cdot 100 \quad (2.1.13)$$

- Perdas na laminação devido a defeitos na madeira (PD), em m^3 e (%):

$$PD = \sum_{j=1}^n (VT_j - V_{campo_j} - VT_{lam_j} - V_{TRR_j}) \quad (2.1.14)$$

$$PD(\%) = \frac{PD}{TP} \cdot 100 \quad \text{ou} \quad PD(\%) = \frac{PD}{VT} \cdot 100 \quad (2.1.15)$$

2.3. AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO MÉDIO EM LAMINAÇÃO POR IDADE E CLASSE DIAMÉTRICA

O rendimento pode ser definido como a percentagem do produto obtido em relação à matéria prima. No caso florestal, especificamente em relação à laminação de madeira, o rendimento é a percentagem de aproveitamento de madeira laminada que foi gerada no processo desde o abate das árvores até a obtenção do produto final, que são as lâminas.

Assim, objetivando avaliar o efeito da idade no rendimento em laminação, foi realizado o cálculo do rendimento para todas as árvores-amostra a fim de se verificar o aproveitamento de madeira na atividade. O cálculo do rendimento de cada árvore em cada idade foi feito dividindo-se o volume total laminado da árvore pelo volume total do fuste até o diâmetro mínimo de 10 cm da respectiva árvore, multiplicando-se o resultado desta razão por 100. Tal como no item anterior, o número de árvores para se calcular a média dos rendimentos nas idades de 5, 6 e 7 anos foi, respectivamente, 62, 57 e 61.

Para avaliar se as médias dos rendimentos diferiram estatisticamente entre as idades, foi realizado o teste “t” de *Student* comparando as idades de cinco, seis e sete anos. Para efeito dessa comparação, as três idades foram divididas em pares, obtendo-se um total de três combinações (5 e 6; 6 e 7 e 5 e 7 anos). Para a correta aplicação do teste “t”, foi realizado um teste “F” preliminar para verificar se as variâncias eram homogêneas ou não, determinando assim o teste adequado para cada caso. As análises foram realizadas no *software* SAEG, versão 9.1 (SAEG, 2007), considerando para todos os cálculos um nível de 5 % de significância ($p\text{-value} \leq 0,05$).

Foi realizada também uma análise de regressão com a finalidade de verificar se o rendimento em laminação tenderia a aumentar conforme se aumentasse a classe de diâmetro nas três idades. Para tal, foram testados sete modelos estatísticos (linear, quadrático, cúbico, raiz quadrada, hiperbólico, logarítmico, cúbico raiz) ajustados empregando-se o *software* SAEG, versão 9.1 (SAEG, 2007), considerando para avaliação da significância dos parâmetros um nível de 5 % de probabilidade ($p\text{-value} \leq 0,05$), além de adotados os mesmos critérios de avaliação e seleção de modelos conforme apresentado no Capítulo I.

2.4. MODELOS PARA ESTIMAR A PRODUÇÃO DE LÂMINAS DE MADEIRA DE PARICÁ

Esta parte do trabalho procurou avaliar o uso de modelos de regressão para estimar o volume de lâminas a partir de variáveis do povoamento, especialmente o *DAP* e a altura total. Os modelos considerados foram selecionados a partir de modelos utilizados para estimar o volume total de árvores individuais, tal como se segue:

1. $V = \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} \varepsilon$

2. $V = \beta_0 D^{\beta_1} \varepsilon$

3. $V = \beta_0 (D^2 H)^{\beta_1} \varepsilon$

4. $V = D^2 (\beta_0 + \beta_1 H) \varepsilon$

5. $V = \beta_0 + \beta_1 D^2 + \varepsilon$

6. $V = \beta_0 + \beta_1 D^2 H + \varepsilon$

7. $V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \varepsilon$

8. $V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \beta_3 DH + \beta_4 D^2 H + \varepsilon$

em que:

- V = Volume de lâmina;
- $D = DAP$ = diâmetro com casca medido à 1,30 metros;
- H = Altura total da árvore;
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ e β_4 = parâmetros do modelo; e
- ε = erro aleatório.

Ainda, foram adotados os critérios de avaliação e seleção de modelos conforme apresentado no Capítulo I.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM LAMINAÇÃO

Na Tabela 1 é possível verificar que na idade de sete anos se obteve o melhor rendimento em laminação. Isso pode ser explicado pelo fato das árvores nesta idade apresentarem maior fator de forma (Tabela 2 do Capítulo I) e maiores diâmetros (distribuição diamétrica mais deslocada à direita). Calculando-se a média para o rendimento nas três idades, verifica-se que esta é de 50,31% estando próximo a valores encontrados na literatura para espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, conforme citado por Bonduelle et al. (2006) e Almeida et al. (2004).

Tabela 1 – Rendimento e perdas por idade após o processo de laminação da madeira de paricá em plantios situados na região de Paragominas, PA

| Idade (anos) | Volume (m ³) | | Rend (%) | Perdas Absolutas (m ³) | | | |
|--------------|--------------------------|-----------|----------|------------------------------------|-----------|------------|-----------|
| | <i>VTLam</i> | <i>VT</i> | | <i>PC</i> | <i>PD</i> | <i>PRR</i> | <i>TP</i> |
| 5 | 8,01 | 18,29 | 43,79 | 3,11 | 5,60 | 1,57 | 10,28 |
| 6 | 9,71 | 18,89 | 51,40 | 2,09 | 5,44 | 1,65 | 9,18 |
| 7 | 15,11 | 27,11 | 55,74 | 6,13 | 4,14 | 1,73 | 12,00 |

| Idade (anos) | Perdas Relativas a <i>VT</i> (%) | | | Idade (anos) | Perdas Relativas a <i>TP</i> (%) | | |
|--------------|----------------------------------|-----------|------------|--------------|----------------------------------|-----------|------------|
| | <i>PC</i> | <i>PD</i> | <i>PRR</i> | | <i>PC</i> | <i>PD</i> | <i>PRR</i> |
| 5 | 17,00 | 30,62 | 8,58 | 5 | 30,25 | 54,47 | 15,27 |
| 6 | 11,06 | 28,80 | 8,73 | 6 | 22,77 | 59,26 | 17,97 |
| 7 | 22,61 | 15,27 | 6,38 | 7 | 51,08 | 34,50 | 14,42 |

VTLam, *VT*, *Rend*, *PC*, *PD* e *TP* são tais como definido na metodologia

Bonduelle et al. (2006), encontraram resultados de rendimento médio em laminação de *Pinus* spp em torno de 48%, o que consideraram muito próximo dos resultados apresentados na literatura. Olandoski (2001) encontrou um rendimento médio de laminação de 52,6%. Brand (2000), que estudou o

comportamento do rendimento de espécies do gênero *Pinus* em laminação de toras sem casca em lâminas verdes, obteve valor médio de 46,5%. Em estudos realizados com espécies do gênero *Eucalyptus*, Pio (1996) obteve rendimentos de 36 a 44%, já Interamnense (1998) apresentou rendimentos médios que se situaram entre 17 a 50%, ambos para toras com casca.

Para o paricá, ficou evidenciado que a espécie pode obter rendimentos em laminação muito semelhantes e até superiores, dependendo da idade, às espécies tradicionais como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, podendo tornar-se uma espécie competitiva neste mercado face seu rápido crescimento e qualidade da madeira para o uso em laminação.

3.2. PERDAS NO PROCESSO DE LAMINAÇÃO

Na Tabela 1, além dos resultados de rendimento, são apresentadas também as perdas ocorridas no processo de laminação, tal como descrito na metodologia. De acordo com os resultados apresentados nesta tabela, quando se analisam as perdas relativas em relação ao volume total de perdas (*TP*), observa-se que, diferente das idades de cinco e seis anos, na idade de sete anos se produziu menores perdas relativas por defeitos e devido ao rolo resto. A maior fonte de perda foi o volume deixado no campo. Especialmente para o caso do rolo resto, este resultado era esperado uma vez que na idade de sete anos existem árvores maiores, e há uma tendência do volume de rolo resto de diluir com o aumento do tamanho das árvores.

Quando se analisam as perdas relativas em relação ao volume total (*VT*) nota-se uma tendência de redução das perdas no campo e por defeitos com o aumento da idade, o que não acontece com as perdas no campo. Como já dito, este resultado já era esperado para o rolo resto. Por outro lado, as perdas no campo vão depender da combinação do comprimento do fuste até 10 cm de diâmetro e de quantos toretes de 1,38 metros se podem retirar deste fuste. Isto de fato é de controle mais difícil e podem ocorrer variações aleatórias com a idade.

Face a estes resultados e pensando no manejo da floresta no sentido de maximizar o rendimento em laminação, estratégias deveriam ser adotadas no sentido de se reduzir as perdas ora avaliadas. Quanto às perdas relativas

no campo, não há muito que possa ser feito, tendo em vista os motivos já expostos. Perdas relativas por rolo resto podem ser minimizadas aumentando-se a idade de corte. Porém, as perdas relativas que parecem mais sensíveis à redução a partir de práticas de manejo são aquelas devidas a defeitos. Estas perdas parecem sofrer influência da idade o que pode ser uma decisão de manejo.

A idade também pode colaborar com características tecnológicas da madeira mais favoráveis para reduzir, por exemplo, a presença de fendas. A melhor forma da árvore (menor conicidade e ausência de tortuosidade) também deve ser considerada nas práticas de manejo, o que pode ser obtido com melhoramento genético e com a escolha de espaçamentos mais adequados. Todas essas possibilidades merecem mais esforço de pesquisa para se aumentar o rendimento em laminação do paricá.

Chama a atenção na idade de sete anos as perdas bem menores, especialmente por defeitos, encontradas em comparação com as idades de seis e cinco anos. Neste caso seria precipitado afirmar que estas perdas são devidas apenas ao efeito da idade. Muitas podem ser as causas dos defeitos e a idade pode até colaborar para uma maior qualidade da madeira que propiciem menos fendas ou outros defeitos que dificultem a produção das lâminas. Como este trabalho não verificou estas hipóteses, é necessário que se façam mais pesquisas de modo a se investigar quais podem ser as causas desses defeitos e como minimizá-las.

Confrontando os resultados aqui encontrados com os de outros trabalhos análogos, no estudo de produção de lâminas em dois clones de *Eucalyptus*, Almeida et al. (2004) encontraram perdas médias de rendimento devido a rolo resto na ordem de 13,81% e 10,92% para cada clone, aos nove anos de idade. Estes mesmos autores verificaram, em outras literaturas, que as perdas médias de rendimento em rolo resto para outras espécies do gênero *Eucalyptus* foi da ordem de 21,42%, indicando a potencialidade do paricá para produção de lâminas.

3.3. AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO MÉDIO EM LAMINAÇÃO POR IDADE E CLASSE DIAMÉTRICA

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da análise estatística obtidos pela aplicação do teste “t” relativo a cada par de idades.

Tabela 2 – Resultados do teste “t” para comparação dos rendimentos médios entre os pares de idades 5 e 6 anos, 6 e 7 anos e 5 e 7 anos em plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA

| TESTE “t” DE STUDENT PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS | |
|---|-----------------|
| Pares de Idades | Teste “t” |
| 5 e 6 anos | $t = 1,62^{ns}$ |
| 6 e 7 anos | $t = 1,20^{ns}$ |
| 5 e 7 anos | $t = 2,64^*$ |

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste *t*.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que o teste “t” foi significativo apenas para o par 5 e 7 anos. Isso implica dizer que o fato das médias dos rendimentos nestas idades diferirem entre si estatisticamente, evidencia que a idade pode ter sido uma variável influente no rendimento da laminação, e, portanto, na busca pela idade ótima para corte de povoamentos manejados para produção de madeira para laminação, este aspecto deve ser considerado.

É importante ressaltar que as árvores laminadas em diferentes idades cresceram em locais semelhantes, mas não completamente iguais, uma vez que não seria possível laminar as mesmas árvores em diferentes idades. Assim, este fato deve ser considerado na análise, devendo o manejador buscar outros elementos além da idade que podem interferir no rendimento em laminação. Por outro lado, o resultado encontrado era o esperado especialmente porque em árvores de maior idade, a distribuição diamétrica está mais deslocada a direita.

Admitindo que em idades maiores há uma chance maior de se encontrar árvores com maiores diâmetros, é razoável pensar então que, na verdade, o diâmetro pode ser o agente direto que provocou o aumento de rendimento. Para checar esta hipótese, foram ajustadas regressões relacionando o

rendimento em laminação da madeira do paricá com o diâmetro das árvores laminadas. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Equações ajustadas e suas respectivas medidas de precisão, para verificação de relações entre rendimento e classe de diâmetro em plantios de paricá situados na região de Paragominas, PA

| <i>Modelos</i> | <i>Equações</i> | $S_{y,x}$ | $S_{y,x}$ (%) | \bar{R}^2 Ajust. |
|------------------|--|-----------|------------------|-----------------------|
| Linear | $\hat{R} = -7,8178^* + 2,6148^* X$ | 6,91 | 15,46 | 79,83 |
| Quadrático | $\hat{R} = -35,2005^* + 5,7108^* X - 0,0716^{ns} X^2$ | 6,78 | 15,18 | 80,56 |
| Cúbico | $\hat{R} = 54,7131^* - 9,0403^{ns} X + 0,0677^{ns} X^2 - 0,0123^{ns} X^3$ | 6,73 | 15,06 | 80,88 |
| Raiz Quadrada | $\hat{R} = -100,5^* + 42,6443^{ns} X^{\frac{1}{2}} - 2,2042^{ns} X$ | 6,85 | 15,33 | 80,18 |
| Hiperbólico | $\hat{R} = 92,5345^* - \frac{893,615^*}{X}$ | 7,16 | 16,02 | 78,36 |
| Logarítmico | $\hat{R} = -104,955^* + 50,4779^* \ln X$ | 6,73 | 15,07 | 80,85 |
| Cúbico Raiz | $\hat{R} = 696,55^* - 514,648^{ns} X^{\frac{1}{2}} + 126,124^{ns} X - 9,7369^{ns} X^{1,5}$ | 6,70 | 15,00 | 81,02 |

\hat{R} = rendimento médio em laminação na referida classe de *DAP*, em m³, e *X* = classe de *DAP* analisada, em cm

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste *t*.

Avaliando os resultados apresentados na Tabela 3, pode-se concluir que o diâmetro de fato tem influência sobre o rendimento na laminação da madeira, resultado este já esperado, uma vez que quanto maior o diâmetro da árvore, mais diluída fica a perda do volume do rolo resto no processo de laminação da madeira.

Pode-se concluir também que o modelo linear parece ser uma boa escolha para expressar a relação entre o rendimento da laminação e o diâmetro das árvores, uma vez que este apresentou medidas de precisão semelhantes aos demais modelos e trata-se da relação funcional mais simples entre os modelos considerados. Com base nessa relação linear, pode-se afirmar que o rendimento aumenta em uma proporção linear com o aumento do diâmetro. Estes resultados reforçam a influência da idade no rendimento da laminação da madeira do paricá, tal como já discutido, bem como a importância da análise do crescimento em diâmetro na decisão da idade ideal de corte do povoamento.

3.4. AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE VOLUME TOTAL NA LAMINAÇÃO DE MADEIRA

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, observa-se que, de maneira geral, as equações ajustadas apresentaram desempenho semelhante nas diferentes idades em termos de precisão.

Tabela 4 – Equações de volume total ajustadas para plantios de paricá situados na região de Paragominas em diferentes idades e suas respectivas medidas de precisão

| <i>Idade</i> | <i>Equações</i> | $S_{y,x}$ (m ³) | $S_{y,x}$ (%) | \bar{R}^2 Ajust. |
|--------------|---|--------------------------------|------------------|-----------------------|
| 5 | 1. $\hat{V} = 0,000011^{ns} D^{2,894165^*} H^{0,281464^{ns}}$ | 0,0297 | 20,76 | 74,26 |
| | 2. $\hat{V} = 0,000019^{ns} D^{3,002846^*}$ | 0,0302 | 21,14 | 74,22 |
| | 3. $\hat{V} = 0,000010^{ns} (D^2 H)^{1,058411^*}$ | 0,0323 | 22,62 | 70,70 |
| | 4. $\hat{V} = D^2(0,000096^* + 0,000013^* H)$ | 0,0321 | 22,49 | 70,44 |
| | 5. $\hat{V} = -0,063926^* + 0,000543^* D^2$ | 0,0305 | 21,34 | 73,92 |
| | 6. $\hat{V} = 0,018898^{ns} + 0,000019^* D^2 H$ | 0,0323 | 22,59 | 70,79 |
| | 7. $\hat{V} = 0,275043^{ns} - 0,035583^{ns} D + 0,001461^* D^2$ | 0,0302 | 21,14 | 74,21 |
| | 8. $\hat{V} = 0,389446^{ns} - 0,053418^{ns} D + 0,001937^{ns} D^2 + 0,000329^{ns} DH - 0,000011^{ns} D^2 H$ | 0,0309 | 21,65 | 73,75 |
| 6 | 1. $\hat{V} = 0,000003^* D^{2,723141^*} H^{0,877189^*}$ | 0,0266 | 15,16 | 94,14 |
| | 2. $\hat{V} = 0,000014^* D^{3,115302^*}$ | 0,0279 | 15,91 | 93,70 |
| | 3. $\hat{V} = 0,000059^* (D^2 H)^{1,256577^*}$ | 0,0462 | 26,30 | 82,77 |
| | 4. $\hat{V} = D^2(-0,000413^* + 0,000037^* H)$ | 0,0304 | 17,30 | 92,55 |
| | 5. $\hat{V} = -0,119358^* + 0,000703^* D^2$ | 0,0276 | 15,60 | 93,56 |
| | 6. $\hat{V} = -0,060633^* + 0,000025^* D^2 H$ | 0,0268 | 15,17 | 93,91 |
| | 7. $\hat{V} = 0,050094^{ns} - 0,016285^{ns} D + 0,001083^* D^2$ | 0,0272 | 15,48 | 94,03 |
| | 8. $\hat{V} = -0,406947^{ns} + 0,065507^{ns} D - 0,002118^{ns} D^2 - 0,001507^{ns} DH + 0,00087^{ns} D^2 H$ | 0,0265 | 15,07 | 94,34 |
| 7 | 1. $\hat{V} = 0,000050^{ns} D^{2,448756^*} H^{0,316148^{ns}}$ | 0,0610 | 21,84 | 75,05 |
| | 2. $\hat{V} = 0,000095^{ns} D^{2,566508^*}$ | 0,0611 | 21,88 | 74,97 |
| | 3. $\hat{V} = 0,000015^* (D^2 H)^{1,042940^*}$ | 0,0626 | 22,41 | 73,74 |
| | 4. $\hat{V} = D^2(0,000201^* + 0,000015^* H)$ | 0,0618 | 22,13 | 74,39 |
| | 5. $\hat{V} = -0,089608^* + 0,000739^* D^2$ | 0,0604 | 21,62 | 75,55 |
| | 6. $\hat{V} = -0,018717^{ns} + 0,000025^* D^2 H$ | 0,0627 | 22,42 | 73,70 |
| | 7. $\hat{V} = -0,179181^{ns} + 0,008177^{ns} D + 0,000556^{ns} D^2$ | 0,0609 | 21,82 | 75,11 |
| | 8. $\hat{V} = 0,401387^{ns} - 0,10905^{ns} D + 0,004343^{ns} D^2 + 0,002816^{ns} DH - 0,000114^{ns} D^2 H$ | 0,0610 | 21,33 | 75,63 |

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste *t*.

No caso da idade de cinco anos, o modelo 1 apresentou-se mais preciso que os demais, tanto para o \bar{R}^2 quanto em relação aos erros absoluto e relativo. Já na idade de seis anos, os modelos 1 e 6 tiveram resultados semelhantes, porém, novamente com vantagem do modelo 1. Finalmente, na idade de sete anos, os modelos 1, 5 e 7 apresentaram-se mais precisos que os demais.

Percebe-se também que o modelo 3 foi inadequado na estimação do volume praticamente em todas as idades, podendo ser descartado. Outro resultado importante está na idade de seis anos em que as equações ajustadas apresentaram melhor precisão quando comparadas com as das idades de cinco e sete anos, que tiveram desempenhos semelhantes. Isto pode denotar algum tipo de influência da idade no desempenho das equações, mas pode significar também algum tipo de efeito aleatório decorrente das amostras coletadas, necessitando-se de mais pesquisas para se definir melhor a influência da idade na estimação do volume de lâminas de paricá.

É importante notar também que, nas três idades, o modelo 8 teve os seus parâmetros estimados considerados não significativos ($p > 0,05$), mesmo apresentando um R^2 elevado. O mesmo aconteceu com o modelo 7 na idade de sete anos, o qual apresentou estimadores dos parâmetros não-significativos. Isto pode ocorrer em casos em que há uma alta correlação entre as variáveis independentes do modelo, o que é o caso deste modelo, fazendo com que o determinante da matriz $(X'X)$ seja bem próximo de zero, inflacionando a variância dos parâmetros estimados e, comprometendo assim, a sensibilidade do teste t em detectar a significância dos parâmetros. Neste caso, poderia se afirmar, então, que o modelo 8 não está bem especificado e que alguma(s) variável(is) poderia(m) ser omitida(s).

Nas Figuras 2, 3 e 4 estão representadas a análise gráfica dos resíduos para os modelos avaliados nas idades de cinco, seis e sete anos, respectivamente.

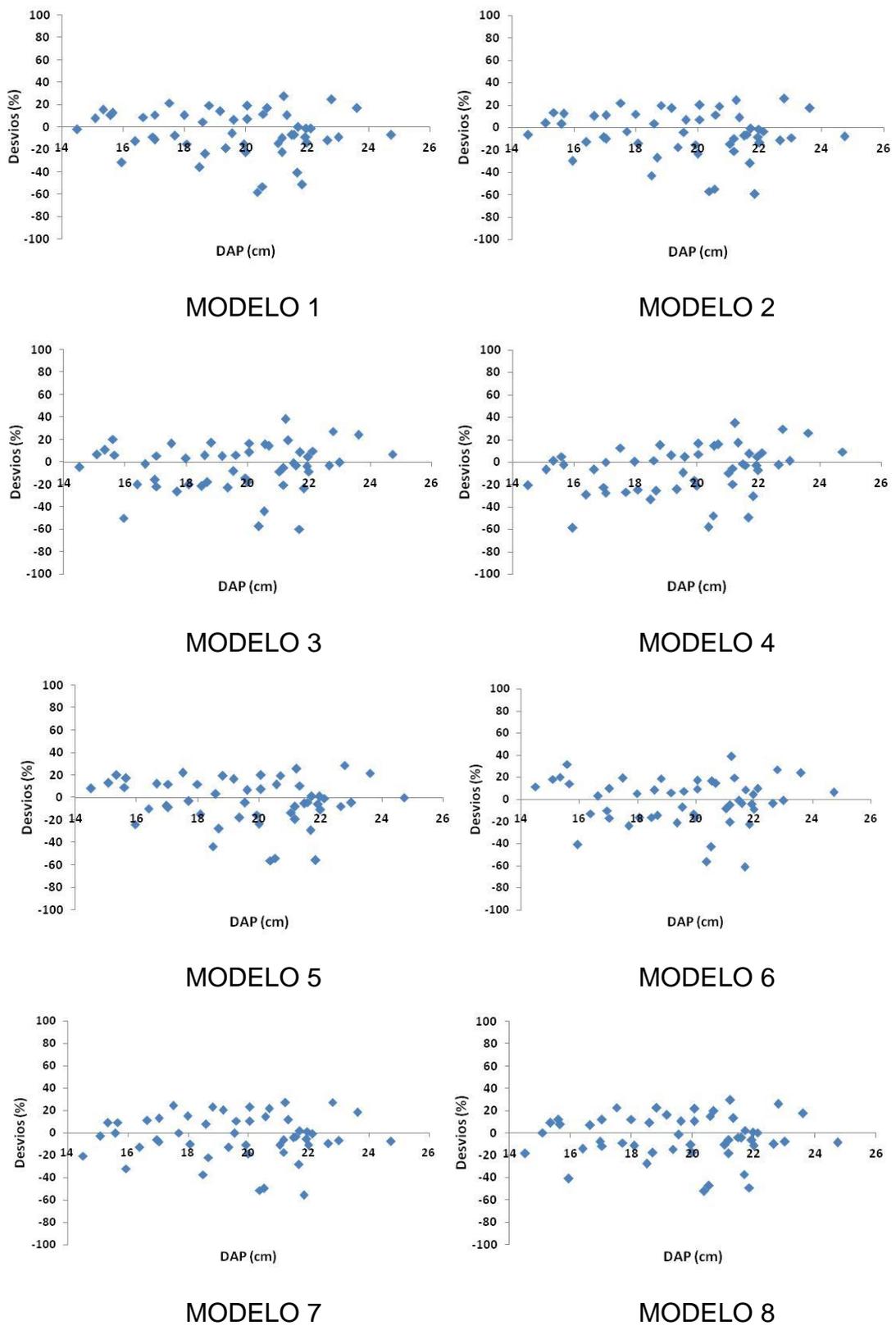


FIGURA 1 – Resíduos percentuais em função do *DAP* para os modelos avaliados, considerando a idade de cinco anos.

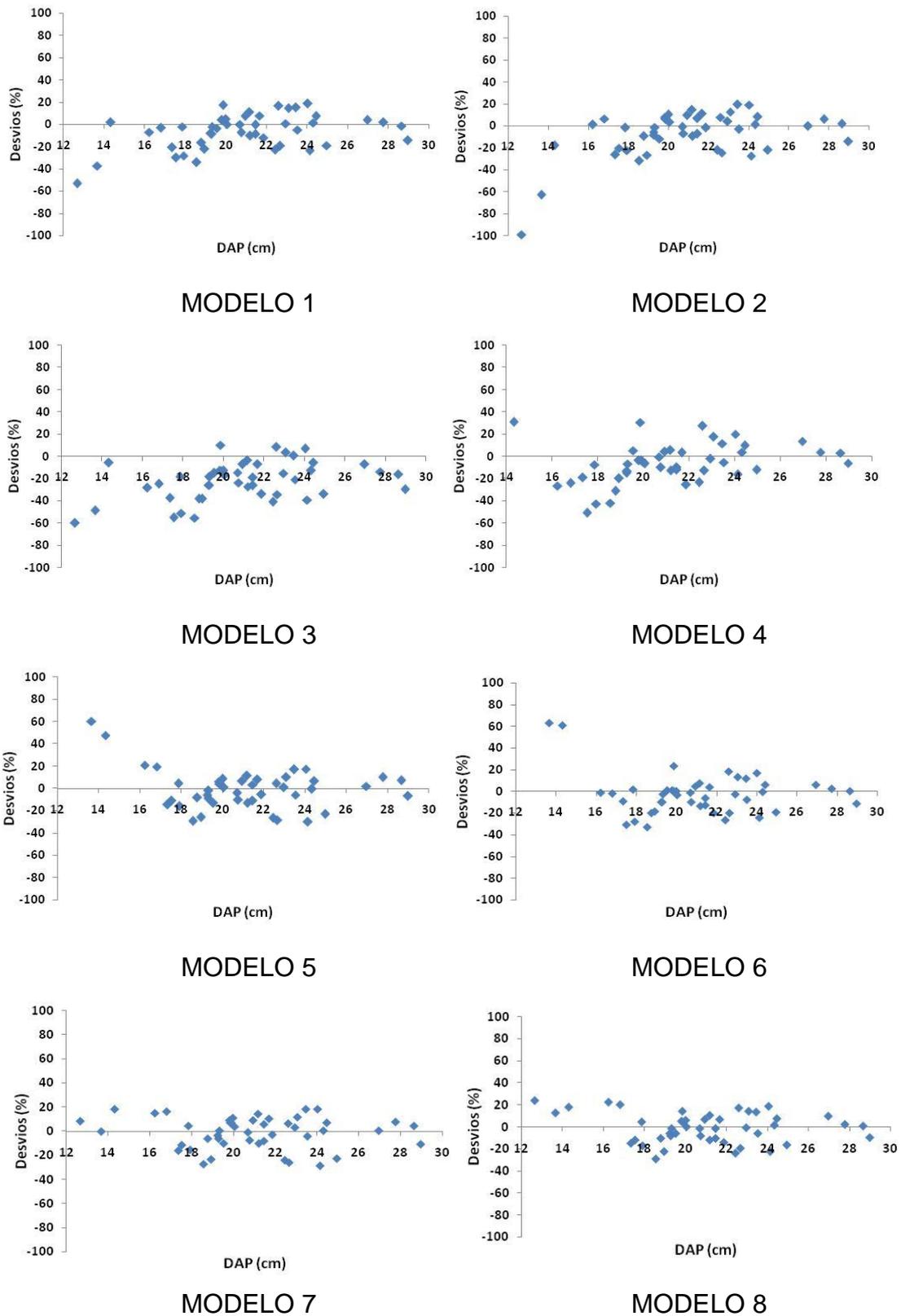


FIGURA 2 – Resíduos percentuais em função do *DAP* para os modelos avaliados, considerando a idade de seis anos.

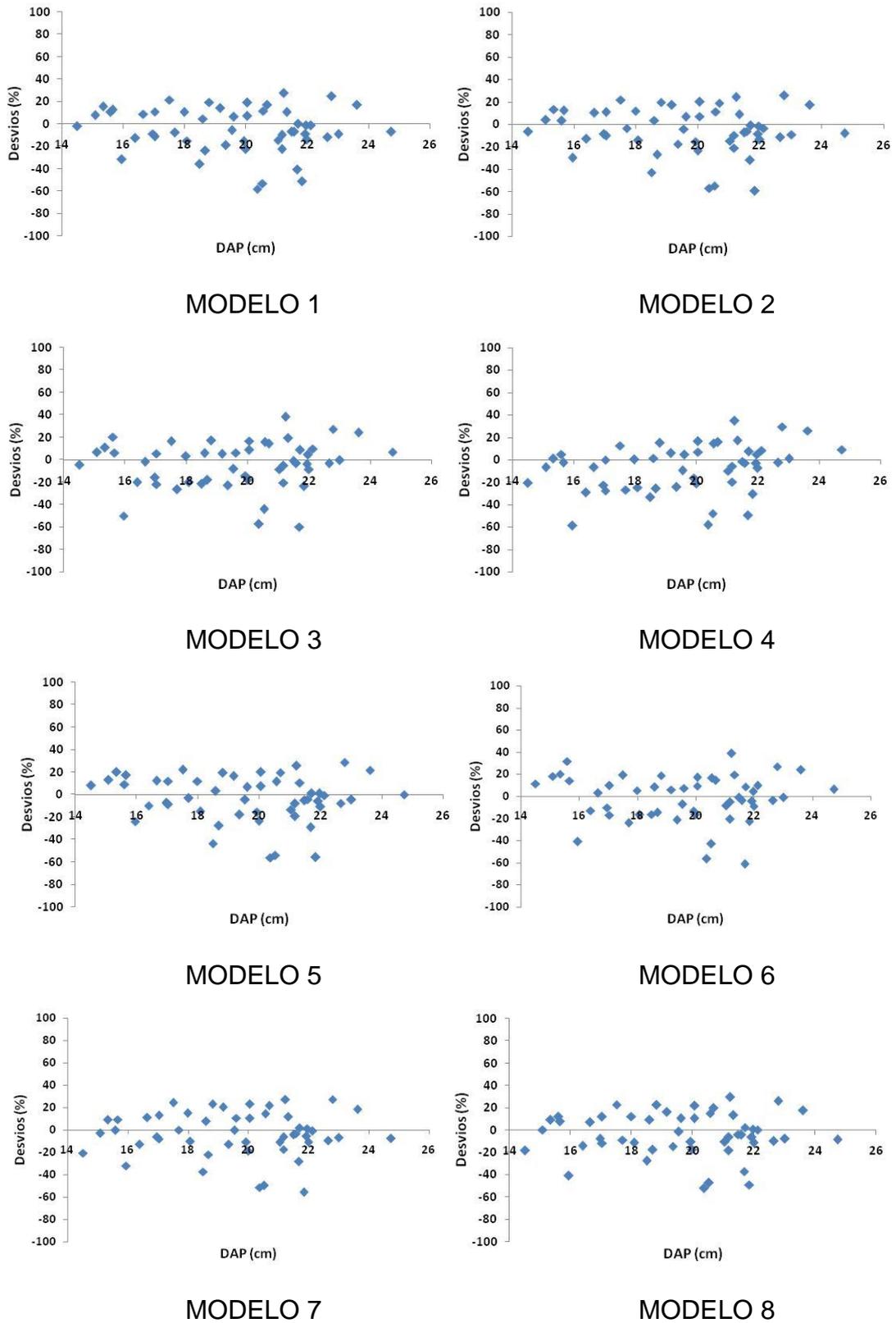


FIGURA 3 – Resíduos percentuais em função do *DAP* para os modelos avaliados, considerando a idade de sete anos.

Nota-se nas Figuras 2 e 4 que há uma tendência de subestimação de árvores com *DAP* entre 20 e 22 cm, com quatro ou cinco *outliers*, os quais provocaram uma maior variação na escala dos resíduos para as árvores nesta classe. Estes resultados estão de acordo com as medidas de precisão apresentadas na Tabela 5, que indicam equações menos precisas para estas idades. Contudo, de uma maneira geral, as equações associadas a cada modelo apresentaram distribuição dos resíduos semelhantes dentro de cada idade, salvo o modelo 3 na idade de seis anos.

Em relação à Figura 3, nota-se que também há tendências tanto de subestimação de árvores menores – modelos 1 a 4, quanto de superestimação de árvores menores – modelos 5 e 6. Observa-se também, que nesta idade, os resíduos tiveram menor variação, o que é corroborado pelas medidas de precisão encontradas para a mesma.

Assim, considerando-se as medidas de precisão e as análises gráficas dos resíduos, o modelo 1 mostrou-se ligeiramente superior que os demais e parece ser uma boa alternativa para se estimar o volume de lâminas de paricá.

4. CONCLUSÕES

- Quanto ao rendimento em laminação de madeira, no geral, o paricá obteve resultados compatíveis com espécies tradicionais como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, tendo um rendimento médio de 50,31%;
- Em relação à idade, o paricá apresentou rendimentos em laminação superiores para as maiores idades possivelmente pelo fato de nestas idades as árvores apresentarem maiores diâmetros;
- Quanto à comparação estatística dos rendimentos entre as idades de 5 e 6; 6 e 7; e 5 e 7 anos, verificou-se que somente entre as idades 5 e 7 anos houve diferença estatística pelo teste “t”, evidenciando que a idade pode ser um fator de decisão na escolha do melhor rendimento em laminação;
- Em relação ao diâmetro, foi observada a existência de influência estatística do diâmetro no rendimento em laminação, sendo que o aumento de diâmetro promoveu o aumento de rendimento;
- Os modelos de volume total avaliados para estimar a produção de lâminas de madeira de paricá apresentaram desempenhos semelhantes nas diferentes idades em termos de precisão, com ligeira vantagem para o modelo 1 (Schumacher e Hall).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. E. C. de. Laminação: da madeira dos sarcófagos à moderna indústria. **Revista da Madeira**, Curitiba, v.5, n.29, p.38-40, 1996.

ALMEIDA, R. R.; BORTOLETTO JÚNIOR., G.; JANKOWSKY, I. P. Produção de lâminas a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis** (IPEF), Piracicaba, n.65, p.49-58, jun. 2004.

BALDWIN, R. F. **Plywood manufacturing practices**. San Francisco: Miller Freeman. 1995. 388p.

BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S.; CHIES, D.; MARTINS, D. Estudo sobre os fatores que influenciam no rendimento em laminação de *Pinus* sp. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 24-30, 2006.

BRAND, M. A. **Rendimento do processo produtivo e energético da matéria prima de uma indústria de base florestal**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), UFPR, Curitiba.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. New Jersey. New York University, p. 1075, 1997.

INTERAMNENSE, M. T. **Utilização das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* (F.Muell), *Eucalyptus maculata* (Hook) e *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para a produção de painéis compensados**. 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira**. Curitiba: FUPEF, 1998. 128p. (Série Didática, 1)

KVÅLSETH, T.O. Cautionary note about R^2 . **The American Statistician**. parte 1, v.39, n.4, p.279-285. 1985.

LOETSCH, F.; ZOEHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen: BLV, 1973, v.2. 469p.

LUTZ, J.F. **Wood Veneer Log Selection, Cutting and drying**. USDA technical bulletin 1577. 1978.

MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. G.; SIVIEIRO, M. A. A evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no Estado do Pará. **Embrapa Amazônia Oriental**. Belém, 5p. 2006 (Comunicado Técnico nº. 158).

MENDES, M. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C. de; IWAKIRI, S. **Procedimento prático para cálculo de produção de lâminas de madeira por desenrolamento**. Lavras: UFLA, 21p. set. 2000, (Boletim Agropecuário).

OLANDOSKI, D. P. **Rendimento, resíduos e considerações sobre melhorias no processo em indústrias de chapas compensadas**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - UFPR, Curitiba.

PIO, N. S. **Avaliação das madeiras de *Eucalyptus scabra* (Dum-cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados**. 1996. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – UFPR, Curitiba.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**. São Paulo, v.50, n.287, p.9-26. 2003.

SAEG **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – UFV, Viçosa, 2007.

SILVA, G. F.; HOFFMANN, R. G.; FIEDLER, N. C.; MÔRA, R.; PIASSI, L. C.; SANTOS, E. M. do.; OLIVEIRA, O. M. de. Equações volumétricas para plantações de paricá (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex Ducke) na região de Paragominas, PA. In: 4º Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal, 2008, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 345-351, 2008.

SELLERS JR., T. **Plywood and adhesive technology**. New York: Marcel Dekker, 1985. 661p.

TONINI, H.; PEREIRA, M. R. N.; ARCO-VERDE, M. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. M. de. Seleção de equações para o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), no Estado de Roraima. **Embrapa Roraima**. Boa Vista, 20p. 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 4).

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. Van Nostrand Reinhold, 1991. 494 p.

4. CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES

- As características dendrométricas do paricá mostraram que a espécie, quando comparada com espécies tradicionais dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, se mostrou com grande potencial para plantios comerciais tanto na região estudada, quanto em outras regiões do país.
- Na avaliação dos modelos de volume total, o modelo $V = \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} \varepsilon$ teve melhor desempenho podendo ser empregado em todas as idades. Já na avaliação dos modelos hipsométricos, os modelos recomendados foram, respectivamente, para as idades de cinco, seis e sete anos: $H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D)} \varepsilon$, $H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D^2)}$ e $H - 1,3 = \frac{D^2}{\beta_0 + \beta_1/D + \beta_2/D^2 + \beta_3/I} + \varepsilon$;
- Em relação ao rendimento em laminação, o paricá obteve resultado compatível com espécies de outros gêneros, principalmente *Pinus* e *Eucalyptus*, apresentando menores perdas para árvores com maiores diâmetros, sendo observado que o vetor *idade* pode influenciar nos rendimentos em laminação. Além disso, verificou-se que as médias dos rendimentos em laminação foram maiores quanto maior a idade.
- Na avaliação dos modelos de volume para estimar a produção de lâminas de madeira de paricá, o modelo $V = \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} \varepsilon$ teve resultados consistentes nas três idades, mas principalmente na idade de seis anos, podendo ser uma alternativa de uso para previsão da produção. Apesar das medidas de precisão terem sido relativamente ruins quando comparadas com os resultados de volume total, é válido lembrar que há pouco conhecimento científico voltado para este tipo de estudo.

Diante destes resultados as seguintes recomendações são sugeridas:

- Realizar este tipo de estudo em outras condições além das observadas neste trabalho, como por exemplo, diferentes sítios de produção, diferentes espaçamentos e diferentes materiais genéticos;

- Avaliar outros modelos de volume total além dos que foram avaliados neste estudo;
- Utilizar dados de inventários contínuos nos ajustes das equações;
- Fazer estudo mais aprofundado da influência do rolo resto e do diâmetro dos toretes no rendimento em laminação;
- Avaliar outros métodos de estimação de volume de lâminas de madeira, visto que não foram encontrados trabalhos científicos que utilizassem a metodologia de emprego de equações de volume.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)