

JOSÉ BRANDÃO DE MOURA

ESTUDO DA FORMA DO FUSTE E COMPARAÇÃO
DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA
DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA
AMAZÔNIA BRASILEIRA

Dissertação submetida à consideração da Comissão Examinadora, como requisito parcial para obtenção do Título de "Mestre em Ciências Florestais - M.Sc.", Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

CURITIBA

1994

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL


P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato JOSÉ BRANDÃO DE MOURA, sob o título ESTUDO DA FORMA DO FUSTE E COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA, para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração em MANEJO FLORESTAL. Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação com média final: (9,8), correspondente ao conceito: (A).

Curitiba, 02 de dezembro de 1994


Pesq. Edilson Batista de Oliveira
Primeiro Examinador


Prof. Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa
Segundo Examinador


Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado
Orientador e Presidente da Banca

A Deus, pelo dom da vida e pelas graças recebidas.

Aos meus pais, José Pinto Brandão (in memorian) e Maria de Souza Brandão pelo exemplo de vida que muito contribuiu para minha formação.

Meu reconhecimento.

À minha querida esposa, Alex-Sandra, pelo incentivo e compreensão, e aos meus filhos Junior, Felipe e Carolina pela alegria constante.

Dedico.

Aos meus irmãos, Ruth, Paulo, e Jesuína, e a meus sobrinhos e tios.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Sebastião do Amaral Machado, meu orientador, pela ajuda na obtenção dos dados e que com seu incentivo, sugestões e experiência realizou uma orientação inteligente e eficaz, dirigiu minha capacidade de trabalho dando demonstração de sua confiança na conclusão desta.

Ao professor Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa, pela co-orientação, sugestões e pelo incentivo e amizade demonstrados durante a realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Afonso Figueiredo Filho, no trabalho de co-orientação, cujas sugestões foram de grande valia na condução deste trabalho.

Ao Instituto de Tecnologia da Amazônia (UTAM), por proporcionar a oportunidade de realizar o curso.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pela aceitação do autor para frequentar o curso.

Ao Plano de Integração de Capacitação de Docentes (PICD/CAPES), coordenado pela Universidade do Amazonas, pela bolsa de estudo.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMPRABA/CPATU), na pessoa do pesquisador Dr. José Natalino Macedo da Silva, pela confiança em colocar a disposição seus dados.

Aos colegas Dr. Niro Higuchi e Prof. Humberto Angelo pelo apoio recebido.

Aos professores e funcionários do UTAM e em particular aos do Departamento de Manejo Florestal/UTAM, pelo companheirismo demonstrado durante estes anos de convivência profissional.

Ao amigo e colega Engenheiro Florestal Ulisses Silva da Cunha, pela amizade, sugestões e apoio na condução deste trabalho.

A todos os colegas e também aos funcionários da secretaria do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

À minha esposa Alex-Sandra Lemos Brandão, pela compreensão e paciência nos momentos mais difíceis no desenvolvimento desta dissertação.

Aos irmãos da Igreja Presbiteriana do Crespo (Manaus-AM) e da Igreja Presbiteriana Independente do Bigorriho (Curitiba-PR), pelas orações e amizade sincera.

A Deus, primeiramente pela vida eterna em Cristo Jesus e também pela força e confiança, que permitiram descansar nos momentos de ansiedade.

Finalmente a todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho

BIOGRAFIA

JOSÉ BRANDÃO DE MOURA, filho de José Pinto Brandão e de Maria de Souza Brandão, nasceu em Anori, Estado do Amazonas, em 22 de abril de 1957.

Concluiu em sua terra natal, o curso primário no Grupo Escolar Eurico Gaspar Dutra. Em Manaus-AM, cursou o ginásio na Unidade Educacional Vicente Telles e formou-se no curso auxiliar técnico a nível de segundo grau, habilitação em Eletrônica na Unidade Educacional Benjamin Constant.

Em 9 de novembro de 1984, graduou-se em Engenharia Florestal, pela Universidade Federal do Paraná.

Em 1988, participou do Curso de Especialização em Metodologia de Avaliação de Impactos Ambientais a nível de Pós-Graduação (Lato-Sensu), promovido pela Universidade do Amazonas, juntamente com a Universidade do Tennessee.

Foi professor na rede estadual de ensino em Manaus, no período de 1980 a 1985.

De 1984 a 1986, foi bolsista do CNPq, desenvolvendo suas atividades profissionais no Departamento de Silvicultura Tropical do INPA.

De 1986 a 1991, foi Engenheiro Florestal da Companhia Energética do Amazonas, onde exerceu a função de gerente do Departamento Florestal.

Em março de 1987, foi contratado pelo Departamento de Engenharia Florestal do Instituto de Tecnologia da Amazônia (UTAM), como Professor Auxiliar de Ensino.

Em 1992, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	2
2	JUSTIFICATIVA	3
3	REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1	DETERMINAÇÃO DO VOLUME INDIVIDUAL	4
3.2	ESTIMATIVA DO VOLUME INDIVIDUAL	5
3.3	EQUAÇÕES DE VOLUME	6
3.4	EXPRESSÕES DA FORMA DO TRONCO	7
3.5	FATOR DE FORMA	10
3.6	QUOCIENTE DE FORMA	12
3.7	FUNÇÕES DE AFILAMENTO	16
4	MATERIAL E MÉTODO	25
4.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	25
4.2	COLETA DOS DADOS	27
4.3	DETERMINAÇÃO DO VOLUME	29
4.4	AJUSTE DAS EQUAÇÕES DE VOLUME	30
4.5	DETERMINAÇÃO DO FATOR DE FORMA	32
4.6	DESENVOLVIMENTO DAS FUNÇÕES DE AFILAMENTO	33
4.7	CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO MELHOR MODELO	36
4.7.1	Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2)	36
4.7.2	Erro Padrão da Estimativa (S_{xy})	37
4.7.3	Teste "F" de Significância	39

4.7.4	Análise Gráfica dos Resíduos.....	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1	ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	41
5.2	EQUAÇÕES DE VOLUME	44
5.2.1	Equações de volume para a espécie Abiurana (<i>Pouteria</i> sp e <i>Syzygiopsis</i> sp).....	44
5.2.2	Equações de volume para a espécie Andiroba (<i>Carapa guianensis</i> Aubl.)	48
5.2.3	Equações de volume para a espécie Jarana (<i>Holopyxidium jarana</i> Ducke)	52
5.2.4	Equações de volume para a espécie Jutaí-açu (<i>Hymenaea courbaril</i> L.).....	56
5.2.5	Equações de volume para a espécie Maçaranduba (<i>Manilkara huberi</i> Ducke).....	60
5.2.6	Equações de volume para a espécie Tachi Vermelho (<i>Sclerolobium chrysophyllum</i> P. et)	64
5.2.7	Equações de volume para a espécie Ucuuba da terra firme (<i>Virola melinonii</i> A.C. Smith).....	68
5.2.8	Equações de volume para a floresta como um todo	72
5.3	EQUAÇÕES DE AFILAMENTO	76
5.3.1	Equações de afilamento para a espécie Abiurana (<i>Pouteria</i> sp e <i>Syzygiopsis</i> sp)	76
5.3.2	Equações de afilamento para a espécie Andiroba (<i>Carapa guianensis</i> Aubl.)	79
5.3.3	Equações de afilamento para a espécie Jarana (<i>Holopyxidium jarana</i> Ducke).....	82
5.3.4	Equações de afilamento para a espécie Jutaí-açu (<i>Hymenaea courbaril</i> L.).....	85
5.3.5	Equações de afilamento para a espécie Maçaranduba (<i>Manilkara huberi</i> Ducke).....	88
5.3.6	Equações de afilamento para a espécie Tachi Vermelho (<i>Sclerolobium chrysophyllum</i> P. et) ..	91
5.3.7	Equações de afilamento para a espécie Ucuuba da terra firme (<i>Virola melinonii</i> A.C. Smith) ..	94
5.4	OBTENÇÃO DA EQUAÇÃO DE VOLUME ATRAVÉS DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO ..	97
5.5	COMPARAÇÃO DAS ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS.....	99
6	CONCLUSÃO	102
6.1	SOBRE AS ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	102
6.2	SOBRE AS EQUAÇÕES DE VOLUME	102

6.3	SOBRE AS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO	103
6.4	SOBRE OS DIVERSOS MÉTODOS DE ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS.....	103
6.5	RECOMENDAÇÕES	104
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DAS ÁRVORES POR CLASSE DIAMÉTRICA E POR ESPÉCIE	28
TABELA 2	MODELOS VOLUMÉTRICOS	31
TABELA 3	MODELOS DE FUNÇÕES DE AFILAMENTO.....	34
TABELA 4	ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS PARA AS VARIÁVEIS DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA TOTAL (h), VOLUME INDIVIDUAL (v) E FATOR DE FORMA ABSOLUTO (F).....	42
TABELA 5	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA ABIURANA (<i>Pouteria</i> sp e <i>Syzygiopsis</i> sp).....	45
TABELA 6	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA ANDIROBA (<i>Carapa guianensis</i> AUBL.).....	49
TABELA 7	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA JARANA (<i>Holopyxidium jarana</i> DUCKE).....	53
TABELA 8	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA JUTAÍ-AÇU (<i>Hymenaea courbaril</i> L.).....	57
TABELA 9	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA MAÇARANDUBA (<i>Manilkara huberi</i> Ducke)	61

TABELA 10	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA TACHI VERMELHO (<i>Sclerolobium chrysophyllum</i> P. Et).....	65
TABELA 11	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA UCUUBA DA TERRA FIRME (<i>Virola melinonii</i> (Ben)A.C. Smith)	69
TABELA 12	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA A FLORESTA	73
TABELA 13	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA ABIURANA (<i>Pouteria</i> sp e <i>Syzygiopsis</i> sp)	77
TABELA 14	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA ANDIROBA (<i>Carapa guianensis</i> AUBL.)	80
TABELA 15	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA JARANA (<i>Holopyxidium jarana</i> DUCKE).....	83
TABELA 16	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA JUTAÍ-AÇU (<i>Hymenaea courbaril</i> L.).....	86
TABELA 17	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA MAÇARANDUBA (<i>Manilkara huberi</i> Ducke).....	89
TABELA 18	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA TACHI VERMELHO (<i>Sclerolobium chrysophyllum</i> P. Et).....	92
TABELA 19	RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA UCUUBA DA TERRA FIRME (<i>Virola melinonii</i> (Ben) A.C. Smith).....	95
TABELA 20	COMPARAÇÃO DAS ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS	100

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	SECCIONAMENTO DE UM FUSTE EM SÓLIDOS GEOMÉTRICOS	8
FIGURA 2	FORMAS GEOMÉTRICAS ASSUMIDAS PELO FUSTE DAS ÁRVORES	9
FIGURA 3	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	26
FIGURA 4	PONTOS DE MEDIÇÃO DO FUSTE	29
FIGURA 5A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 10.....	46
FIGURA 5B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 13.....	46
FIGURA 5C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 14.....	47
FIGURA 5D	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 17.....	47
FIGURA 6A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 17	50
FIGURA 6B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 15	50
FIGURA 6C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 11	51
FIGURA 6D	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 13	51

FIGURA 7A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 17.....	54
FIGURA 7B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 15.....	54
FIGURA 7C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 13.....	55
FIGURA 7D	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 11.....	55
FIGURA 8A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTAÍ-AÇU COM O MODELO 13.....	58
FIGURA 8B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTAÍ-AÇU COM O MODELO 17.....	58
FIGURA 8C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTAÍ-AÇU COM O MODELO 14.....	59
FIGURA 8D	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTAÍ-AÇU COM O MODELO 15.....	59
FIGURA 9A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 13.....	62
FIGURA 9B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 17.....	62
FIGURA 9C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 14.....	63
FIGURA 9D	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 15.....	63

FIGURA 10A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 13	66
FIGURA 10B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 14	66
FIGURA 10C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 17	67
FIGURA 10D	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 15	67
FIGURA 11A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 15.....	70
FIGURA 11B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 17.....	70
FIGURA 11C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 11.....	71
FIGURA 11D	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 12.....	71
FIGURA 12A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A FLORESTA COM O MODELO 17	74
FIGURA 12B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A FLORESTA COM O MODELO 15	74
FIGURA 12C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A FLORESTA COM O MODELO 11	75
FIGURA 12D	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A FLORESTA COM O MODELO 14	75

FIGURA 13A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 5B.....	78
FIGURA 13B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 4B.....	78
FIGURA 13C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 5A.....	78
FIGURA 14A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 5B	81
FIGURA 14B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 4B	81
FIGURA 14C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 5A	81
FIGURA 15A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 5B	84
FIGURA 15B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 4B.....	84
FIGURA 15C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 5A.....	84
FIGURA 16A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTAÍ-AÇU COM O MODELO 5A	87
FIGURA 16B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTAÍ-AÇU COM O MODELO 5B	87
FIGURA 16C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTAÍ-AÇU COM O MODELO 9A	87

FIGURA 17A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 5B	90
FIGURA 17B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 4B	90
FIGURA 17C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 5A	90
FIGURA 18A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 5B	93
FIGURA 18B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 5A	93
FIGURA 18C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 4B	93
FIGURA 19A	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 5A.....	96
FIGURA 19B	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 5B.....	96
FIGURA 19C	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 4B.....	96

RESUMO

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir de dados de 710 árvores, procedentes da Floresta Nacional do Tapajós, situada no município de Santarém, Estado do Pará. As árvores foram medidas e posteriormente cubadas pela fórmula de Smalian.

Como objetivo principal, procurou-se desenvolver e ajustar modelos matemáticos para estimativas volumétricas e expressão da forma do fuste de várias espécies florestais da Amazônia Brasileira. Os estudos visaram viabilizar o estudo do sortimento para espécies tropicais a partir da obtenção de uma equação de volume derivada da equação de afilamento.

Para as espécies estudadas, o fator de forma absoluto variou de 0,62 a 0,79, enquanto que para a floresta como um todo, o fator forma foi de 0,75.

Foram ajustados e testados 18 modelos matemáticos para equação de volume, assim como 20 modelos para equação de afilamento.

Dentre todas as equações de volume estudadas o modelo 13 foi melhor para Abiurana e para Maçaranduba; o modelo 14 foi mais preciso para a espécie Tachi Vermelho; por sua vez o modelo 15 atendeu de forma satisfatória a estimativa volumétrica da espécie Ucuuba da Terra Firme; o modelo 17 foi melhor para as espécies Andiroba, Jarana, Jutai-açu, e também para a floresta como um todo.

Na determinação da melhor equação de afilamento o melhor modelo foi o de Demaerschalk (1973), o de número 5, sendo que o 5a foi melhor para as espécies Jutai-açu e Ucuuba da Terra Firme, enquanto que o 5b foi melhor para as espécies Abiurana, Andiroba, Jarana, Maçaranduba e Tachi Vermelho.

Pode-se destacar o uso do fator de forma por classe diamétrica, entre os diversos métodos de estimativas volumétricas.

A determinação das equações de volume derivadas de equações de afilamento, foi de grande valia na quantificação volumétrica, pois além de se estimar com razoável precisão o volume total da espécie, pode-se estimar também volume parciais, possibilitando, assim, o estudo qualitativo do sortimento.

SUMMARY

This research was developed using data from 710 trees come from the Tapajós National Forest, located in the county of Santarém, Pará State, Brazil. These trees were measured and then their volumes were calculated by the Smalian formula.

The main objective was to develop and to fit mathematical models to estimate volumes and to fit stem taper functions for several Brazilian Amazony tree species. This study aimed also to evaluate the assortment for tropical species using a volume equation derived from a taper equation.

The absolute form factor for the studied species ranged from 0.62 to 0.79; if considering all forest tree species from the studied area, the average form factor was 0.75.

Eighteen mathematical models were tested and fitted as volume equations and 20 as taper equations.

Among all studied volume equations, the model number 13 was the best for Abiurana and for Maçaranduba; the model 14 was the most precise for the species Tachi Vermelho and model 15 for Ucuuba from "terra firme". The model 17 was the best for the species Andiroba, Jarana, Jutaí-açu and for all the species together.

For the taper equation the Demaerschalk's model (1973)-number 5 was the best, specifically the model 5a for Jutaí-açu and Uccuba from "terra firme", and the 5b for the species Abiurana, Andiroba, Jarana, Maçaranduba, Tachi Vermelho.

Among the several methods for volumetric estimates, can be pointed out the use of the form factor by diameter class.

The use of volume equations derived from taper equations was useful for volumetric quantification, so beside estimating the total volume with reasonable precision, it allows to estimate also parcial volumes, thus making possible the assortment qualitative study.

1 INTRODUÇÃO

A floresta tropical apresenta uma grande heterogeneidade em sua composição florística, todavia, entende-se ser possível agrupar as espécies que apresentam a mesma forma e a partir destes agrupamentos estabelecer estruturas de bitolas comerciais para a floresta tropical amazônica.

A utilização dos produtos da floresta exige hoje mais qualidade. Assim como parte do esforço para que evite o esgotamento dos recursos florestais, deve-se utilizar técnicas modernas de quantificação e de uso racional da floresta, sem perder de vista a sua caracterização de recurso natural renovável, com vistas às futuras gerações.

Muitos trabalhos de levantamentos florestais já foram realizados na Região Amazônica, sem que todavia, o aspecto qualitativo do volume (% de usos diferenciados para a mesma árvore) tenha sido enfocado, até mesmo pela escassez de estudos sobre a forma do fuste de espécies florestais da região, o que acarreta uma informação deficiente para expressar o verdadeiro valor do capital floresta. Pode-se afirmar que informações mais detalhadas são imprescindíveis para a determinação das estimativas do volume de madeiras tropicais, em função dos seus diversos usos.

Este trabalho busca preencher, em parte, esta lacuna existente no conhecimento das espécies tropicais. Pretende-se, desta forma, contribuir para a melhoria da informação sobre os recursos florestais na Região Amazônica.

1.1 OBJETIVOS

- a) Desenvolver e ajustar modelos matemáticos para estimativas do volume de espécies tropicais;
- b) Desenvolver e ajustar modelos matemáticos para a determinação de uma equação de afilamento visando o estudo da forma de espécies tropicais;
- c) Detectar a possibilidade do ajuste de uma única equação para o total dos dados;
- d) Viabilizar o estudo do sortimento de espécies tropicais a partir da obtenção de uma equação de volume derivada da equação de afilamento;
- e) Comparar diversas formas de estimativas volumétricas.

2 JUSTIFICATIVA

O estudo da forma das árvores desde muito tempo desperta o interesse dos pesquisadores florestais. Este interesse é decorrente da sua importância na determinação do volume das árvores, tanto no que diz respeito ao volume total do fuste como na quantificação volumétrica para os diversos usos da mesma árvore. Por outro lado, ainda são poucos os estudos da forma de várias espécies de folhosas, particularmente as de origem tropical, porém com o advento das novas técnicas computacionais de processamento e do crescente interesse no conhecimento das espécies amazônicas, julga-se necessário avançar em novos estudos que visem uma melhor quantificação e uso das nossas florestas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 DETERMINAÇÃO DO VOLUME INDIVIDUAL

A variável volume pode ser considerada uma das principais características para avaliar o potencial da floresta.

Para a determinação do volume individual das árvores vários métodos foram desenvolvidos

REINECKE, citado por LOETSCH *et al.* (1973, p. 148), foi o primeiro a propor a determinação do volume através do método gráfico. Todavia, com o uso da computação eletrônica os métodos analíticos tornaram-se mais usados.

Conforme HUSCH *et al.* (1982, p. 90) o volume de um sólido com seções transversais conhecidas pode ser obtido pela somatória do volume de cada seção.

De acordo com LOETSCH *et al.* (1973, p. 146) as três maneiras mais importantes para determinação de volumes individuais são através das fórmulas de Huber, Smalian e Newton; sendo:

Fórmula de Huber $v = g_m \cdot L,$

Fórmula de Smalian $v = \frac{(g_i + g_s)}{2} \cdot L,$

Fórmula de Newton $v = \frac{(g_i + 4g_m + g_s)}{6} \cdot L$

onde

v = volume da tora

g_m = área transversal na metade da tora

g_i, g_s = área transversal nos extremos inferior e superior da tora respectivamente

L = Comprimento da tora

De acordo com HUSCH *et al.* (1982, p. 100) a fórmula de Newton é exata para todas as formas de fuste, por outro lado, a fórmula de Huber e a fórmula de Smalian podem diferir, dependendo da configuração de cada fuste ou parte do fuste.

MACHADO e NADOLNY (1991, p. 94), comparando os métodos tradicionais de cubagem, concluíram que a fórmula de Huber apresentou melhor desempenho na determinação volumétrica da espécie *Pinus elliottii*.

3.2 ESTIMATIVA DO VOLUME INDIVIDUAL

De acordo com CLUTTER *et al.* (1983, p. 5) e KARIYAWASAM (1984, p. 6) o volume da árvore é usualmente considerado uma função do diâmetro à altura do peito (D), altura total (h) e uma expressão da forma da árvore (F), ou seja:

$$v = f(D, h, F)$$

onde

v = variável dependente

D, h, F = variáveis independentes

Apesar desta afirmação, SILVA *et al.* (1993, p. 557) citam que, por diversas vezes, a estimativa do volume já foi realizada usando apenas o diâmetro como variável independente, e vários outros trabalhos foram feitos usando o diâmetro e a altura para

a obtenção do volume, sendo que as tabelas de volume geradas por tais estimativas são denominadas de tabelas de simples e de dupla entrada, respectivamente.

3.3 EQUAÇÕES DE VOLUME

O volume de árvores tem sido estimado com certa facilidade e acuracidade empregando-se equações de volume, ajustadas quase sempre a partir de medições do diâmetro à altura do peito (DAP) e da altura total. (FIGUEIREDO FILHO *et al.* 1993, p. 501)

De acordo com PAULA NETO (1977a, p. 31), nas construções de tabelas de volume, o interesse principal tem se concentrado no uso de funções ou modelos matemáticos.

VEIGA (1972a, ,1972b, 1974) desenvolveu diversos estudos de estimativas volumétricas através da utilização de equações de volume a partir de modelos aritméticos e logarítmicos. Nestes trabalhos, o autor comparou diversos modelos do ponto vista matemático e também em relação à expressão da forma como terceira variável independente, concluindo que, estatisticamente, os modelos formais são mais precisos em relação aos não formais. Das equações formais e não formais estudadas, as logarítmicas foram as mais precisas para os volumes totais com e sem casca, enquanto que, as aritméticas foram melhores para o volume comercial.

PAULA NETO (1977a, p. 42) e MACHADO (1979, p. 32) concluíram também que as equações logarítmicas foram mais precisas.

Outros autores como CAMPOS (1973), SIQUEIRA (1977), SILVA (1977) e SILVA *et al.* (1984) desenvolveram estudos com equações para estimativas volumétricas

Essas equações, em geral, estimam o volume inteiro do tronco, mas podem também expressar o volume comercial para padrões específicos de utilização.

PAULA NETO, (1977b p.154) afirma que o primeiro passo a ser dado na construção de uma tabela de volume é selecionar o modelo de regressão que melhor se ajusta a um determinado grupo de árvores e que este assunto foi discutido por vários outros autores, dentre os quais SPURR (1952) e BEERS e GINGRICH (1964).

3.4 EXPRESSÕES DA FORMA DO TRONCO

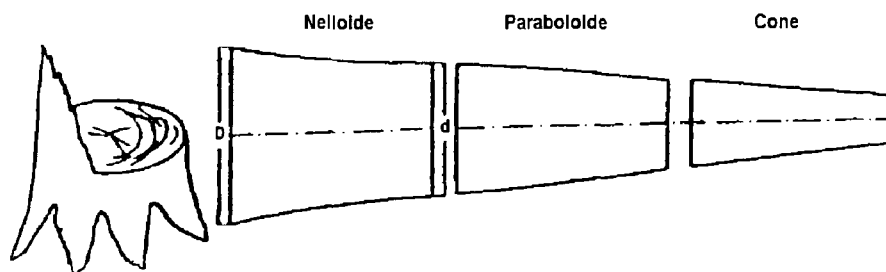
A forma do tronco das árvores pode ser considerada tanto um conceito dendrométrico como um conceito biológico, dependendo de se desejar salientar a produção da árvore, em termos de um produto, ou o desenvolvimento da árvore em termos de um sistema vivente.

Na tentativa de explicar a forma das árvores, diversas hipóteses foram apresentadas, tais como, a nutricional, a da condução da água, a mecânica e a hormonal.(LARSON, 1963, p. 1).

A forma do tronco/fuste da árvore é a sua configuração externa que, a rigor, não se identifica com a forma de um único sólido geométrico, mas sim com vários, segundo a porção do tronco considerada. Mais restritamente, a forma do tronco pode ser associada ao termo afilamento que representa a diminuição do diâmetro com o aumento da altura e como tal pode ser expressa por uma função matemática que descreva a tendência dessa variação.(HUSCH et al. 1982, p. 99, e BORGES, 1981, p. 5).

A representação gráfica do fuste da árvore é melhor descrita através do seccionamento conceitual do mesmo em três partes, resultando em figuras truncadas do neilóide, do parabolóide e do cone. (LOETSCH et al. 1973, p.141). (FIGURA 1)

FIGURA 1 SECCIONAMENTO DE UM FUSTE EM SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

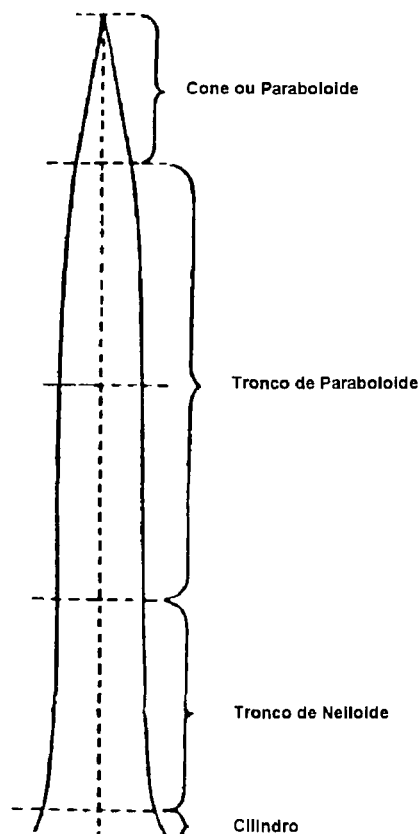


FONTE: LOETSCH et al. (1973)

HUSCH et al. (1982, p. 99) apresentaram a mesma seqüência como sendo cilindro, tronco de neilóide, tronco de parabolóide e cone, no sentido base-topo. Raramente, essas formas puras são encontradas e os limites entre os diferentes sólidos são de difícil identificação, entretanto, essa aproximação vem desempenhando um importante valor teórico na definição de uma expressão matemática que descreva a forma do fuste. (FIGURA 2)

Árvores individuais podem assumir uma infinidade de formas e, deste modo, uma definição analítica explícita não deve ser generalizada, devendo as funções de forma restringirem-se a pequenas populações.(GROSENBAUGH, 1966, p. 445).

FIGURA 2 FORMAS GEOMÉTRICAS ASSUMIDAS PELO FUSTE DAS ÁRVORES



FONTE: HUSCH et al. (1982)

A forma do tronco pode ser expressa por quocientes ou fatores de forma, sendo que os quocientes exprimem a relação entre os diâmetros e os coeficientes a relação entre os volumes (CAMPOS, et al. 1993, p. 559).

3.5 FATOR DE FORMA

Apesar de certas limitações, o fator de forma mais utilizado tem sido o fator de forma absoluto, também denominado fator de forma artificial.

HUSCH *et al.* (1982, p. 108-109) usou o volume do cilindro para obter o fator de forma absoluto, representado pela seguinte fórmula:

$$F = \frac{V_a}{g \cdot h}$$

onde:

F = fator de forma absoluto ou artificial;

v_a = volume do fuste da árvore;

g = Área transversal, tendo como base o diâmetro à altura do peito (**DAP**);

h = Altura da árvore.

A relação anterior depende, portanto, do conhecimento prévio do volume do fuste da árvore para que se possa obter o fator de forma.

O fator de forma absoluto é o fator de redução pelo qual o produto da área basal e altura da árvore (volume do cilindro como referência) deve ser multiplicado para obtenção do volume da árvore (LOETSCH *et al.* 1973, p. 142).

O fator de forma absoluto com base no diâmetro à altura do peito é o fator de redução para se chegar ao volume do tronco, em que o cilindro de referência tem como diâmetro aquele tomado à altura de 1,30 m do solo. (JORGE, 1982, p. 9).

Pode ocorrer que árvores com formas geométricas idênticas, mas com alturas distintas, produzam diferentes fatores de forma absolutos. Isto é causado pela influência das bases das mesmas, que em árvores velhas e grandes excede a região do diâmetro à altura do peito, o que ocorre principalmente com espécies tropicais (LOETSCH et al. 1973, p. 142). Também pode ocorrer que dois troncos com o mesmo fator de forma absoluto não tenham, necessariamente, a mesma forma (CAILLIEZ, 1980, p. 39)

De certa forma, estas limitações foram superadas por um outro fator de forma também bastante usado, que é o fator da forma de HOHENADL ou fator de forma natural, cujo conceito foi introduzido por HOHENADL em 1924.

PRODAN(1964) observou que HOHENADL conseguiu expressar no fator de forma natural a série de medidas relativas tomadas ao longo do tronco por um único valor ou fator, de maneira que permita dizer-se algo sobre o desenvolvimento da referida série.

O fator de forma natural ou de Hohenadl é definido como sendo:

$$F_{0,1} = \frac{v_a}{g_{0,1} \cdot h}$$

onde:

$F_{0,1}$ = fator de forma natural ou de Hohenadl;

v_a = volume real do tronco;

$g_{0,1}$ = área da seção transversal do tronco à altura de $h/10$;

h = altura da árvore.

Na prática, o fator de forma natural é calculado aplicando-se a fórmula de volume de Huber a dados decorrentes de uma série de medições tomadas em alturas relativas, resultando na seguinte fórmula:

$$F_{0,1} = 0,2 \left[1 + \left(\frac{d_{0,3}}{d_{0,1}} \right)^2 + \left(\frac{d_{0,5}}{d_{0,1}} \right)^2 + \left(\frac{d_{0,7}}{d_{0,1}} \right)^2 + \left(\frac{d_{0,9}}{d_{0,1}} \right)^2 \right]$$

onde:

$F_{0,1}$ = fator de forma natural ou de Hohenadl;

d_i = diâmetro do fuste medido na altura correspondente à fração "i" da altura total ($0,1 \leq i \leq 0,9$).

Através deste fator de forma, árvores de diferentes alturas, mas que apresentam formas similares, poderão ser comparadas, pois os diâmetros das séries são medidos a uma mesma distância relativa, vinculada a um diâmetro situado à mesma altura relativa (CAILLIEZ, 1980, p. 40)

3.6 QUOCIENTE DE FORMA

Enquanto que o fator de forma não é diretamente mensurável, o quociente de forma, isto é, a razão entre dois diâmetros medidos a diferentes alturas, pode ser obtido diretamente. O quociente de forma é usado, geralmente, como terceira variável independente no ajuste de equações de volume. Os quocientes de forma são bons indicadores da forma da árvore, servindo, ainda, como variáveis independentes no ajuste de equações para estimar o afilamento (LOETSCH et al. 1975 p. 143).

Segundo SCHIFFEL citado por HUSCH *et al.*(1982, p.110), o quociente de forma é a razão entre o diâmetro na metade da altura da árvore e o diâmetro à altura do peito, ou seja:

$$q_s = \frac{d}{D}$$

onde:

q_s = quociente de forma de SCHIFFEL ou quociente de forma normal;

d = diâmetro medido na metade da altura total do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP)

De acordo com JONSON, citado por HUSCH *et al.* (1982, p. 110), o quociente de forma absoluto é aquele em que a posição do diâmetro superior foi mudada para um ponto médio entre a altura do peito e a altura total do fuste, ou seja:

$$q_a = \frac{d_{0,5(h+1,3m)}}{D}$$

onde:

q_a = quociente de forma absoluto ou de JONSON;

$d_{0,5(h+1,3m)}$ = diâmetro medido no ponto médio entre a altura do peito e o topo da árvore;

D = diâmetro à altura do peito (DAP)

GIRARD citado por HUSCH et al.(1982, p. 110) desenvolveu um quociente de forma para uso como variável independente na construção de tabelas de volume, o qual é a razão percentual entre o diâmetro no topo da primeira tora comercial padrão (17,3 pés = 5,27 m), em relação ao diâmetro à altura do peito.

$$q_G = \frac{d_u}{D} \cdot 100$$

onde:

q_G = quociente de forma de GIRARD;

d_u = diâmetro sem casca medido no topo da primeira tora padrão (5,27 m);

D = diâmetro à altura do peito (DAP)

HOHENADL (1924) desenvolveu uma metodologia para estudo da forma do tronco, a qual se baseia em tomar diâmetros em posições relativas à altura total. Assim a árvore é dividida em partes iguais e para a determinação do fator de forma natural usam-se os quocientes de forma, definidos como sendo as razões entre os diâmetros tomados em 1/10; 3/10; 5/10; 7/10 e 9/10 da altura total e o diâmetro medido a 1/10 da altura total. Tais quocientes, chamados quocientes de forma proporcionais naturais, apresentam a grande vantagem de serem comparáveis mesmo entre árvores de diferentes dimensões. A desvantagem prática que apresentam é a necessidade de se conhecer previamente a altura total das árvores. Os quocientes naturais de forma são formulados genericamente como:

$$q_i = \frac{d_i}{d_{0,1}}$$

onde:

q_i = quociente de forma natural a diversas alturas h_i da altura total do fuste;

d_i = diâmetro do fuste medido a diversas alturas h_i da altura total do fuste;

$d_{0,1}$ = diâmetro a 1/10 da altura total do fuste.

Segundo ASSMANN (1970, p. 67) as mudanças na forma do tronco em decorrência do aumento da idade e altura são devidas, principalmente, ao aumento da base da árvore. A pressão estática nas seções transversais do tronco perto do solo, que cresce com o aumento da altura da árvore, resulta em um engrossamento contínuo da base do tronco, o que faz com que o ponto de inflexão da curva do tronco perto do solo não seja captado pela série de quocientes naturais desenvolvida por HOHENADL, sendo necessárias medidas adicionais, como por exemplo a 2,5 % e 12,5 % da altura total.

Várias pesquisas provaram que os quocientes de forma variam dentro de limites amplos. Para determinar as normas que governam esta variação, deve-se estudar primeiramente a dependência dos quocientes de forma em relação aos diâmetros e às alturas. Esta dependência não pode ser determinada sem um conhecimento dos quocientes de forma médios do tronco para diferentes diâmetros e alturas. Os quocientes de forma decrescem ligeiramente com o crescimento dos diâmetros dos troncos. Esta variação é mais pronunciada em classes de diâmetros inferiores e gradualmente torna-se imperceptível à medida que os diâmetros tornam-se maiores. Conseqüentemente a magnitude dos quocientes de forma depende do diâmetro à altura do peito e da altura total da árvore (ANUCHIN, 1970, p. 112, 113).

3.7 FUNÇÕES DE AFILAMENTO

Fundamentalmente, o desenvolvimento de funções de afilamento permite resolver os seguintes problemas do inventário florestal (KOZAK et al., 1969, p.278):

- a) Estimar o diâmetro do fuste a uma determinada altura;
- b) Estimar a altura à qual se produz um diâmetro determinado;
- c) Calcular volumes totais e parciais.

Uma das possibilidades de que se dispõe para expressar a forma média do tronco de uma espécie florestal é através da construção ou ajuste de uma curva modelo do tronco, com o perfil característico da espécie em questão. Tomando-se medições de diâmetros em pontos sucessivos ao longo do tronco das árvores, pode-se tentar ajustar modelos matemáticos que forneçam um bom retrato do perfil do tronco. O propósito final é sempre obter uma ou mais equações que descrevam o perfil do tronco, da espécie ou das espécies em estudo, para que se possa usá-las na estimativa do volume. (JORGE, 1982, p. 11-12).

De acordo com GUIMARÃES et al. (1992) os modelos matemáticos com o propósito de descrever a forma do tronco devem atender a várias condicionantes dentre as quais:

- a) Utilizar variáveis independentes de fácil obtenção, isto é, **DAP** e **h**;
- b) Passar pelo **DAP**, quando **h_i** for igual a 1,30m;
- c) Estimar **d_i** =0, quando **h_i** for igual a **h** (altura total);
- d) Permitir a integração para se obter o volume de partes do tronco.

HÖJER, citado por PRODAN (1965, p.62), em 1903, expressou a forma média através da seguinte equação matemática:

$$q_i = \frac{d_i}{D} = C \cdot \log\left(\frac{c+i}{c}\right)$$

onde:

q_i = quociente de forma de Höjer;

d_i = diâmetro do fuste medido a diversas alturas h_i ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

\log = logaritmo decimal

C e c = constantes.

JONSON, citado por BORGES (1981, p. 6-7), utilizou essa mesma expressão, introduzindo uma "constante biológica" na equação original, pelo fato de ter verificado uma queda acentuada do diâmetro na parte superior do tronco ao aplicar o modelo de HÖJER em *Pinus silvestris* L.. A equação proposta foi a seguinte:

$$q_i = \frac{d_i}{D} = C \cdot \log\left(\frac{c+h_i-2,5}{c}\right)$$

onde:

q_i = quociente de forma de Jonson;

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

$2,5$ = constante biológica.

\log = logaritmo decimal

C e c = constantes.

MATTSSON citado por BORGES(1981, p. 7), constatou ao usar a fórmula de HÖJER em outras espécies, que a introdução da "constante biológica" possibilitou alcançar bons resultados.

O uso da equação da hipérbole para descrever a forma do tronco de várias espécies permitiu obter resultados mais consistentes do que aqueles conseguidos com o uso da fórmula de HÖJER. A equação da hipérbole usada foi (BEHRE, 1923):

$$q_i = \frac{d_i}{D} = \frac{L}{b_0 + b_1 L}$$

onde:

q_i = quociente de forma

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

L = altura relativa $(h-h_i)/(h-1,3)$;

C e c = constantes.

h = altura total;

b_0, b_1 = coeficientes da equação.

Estudando a forma da espécie *Pinus taeda* L, MATTE testou diversos modelos dentre os quais o seguinte modelo, obtendo um resultado satisfatório.(MATTE, 1949, p. 25, 31):

$$Y^2 = x^2(ax^2 + bx + c)$$

onde:

$Y = d_i/D$ = diâmetro relativo à altura relativa x ;

$x = h_i/h$ = altura relativa do tronco;

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

h = altura total;

a, b, c = coeficientes.

GRAY (1956), apresentou uma resolução bastante simples e de fácil aplicação onde o afilamento do fuste ou a redução da área transversal está em função da altura:

$$d_i = b_0(h - h_i)^{1/2}$$

onde:

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

h = altura total;

b_0 = coeficiente da equação.

Em 1965 PRODAN utilizou com sucesso em muitas circunstâncias a função seguinte (PRODAN, 1965):

$$q_i = \frac{d_i}{D} = \frac{h^2}{b_0 + b_1\left(\frac{h_i}{h}\right) + b_2\left(\frac{h_i}{h}\right)^2}$$

onde:

q_i = quociente de forma na altura h_i do fuste

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

h = altura total;

b_0, b_1, b_2 = coeficientes da equação

Em 1968 MUNRO citado por KOZAK et al.(1969), utilizou a seguinte função parabólica:

$$\left(\frac{d_i}{D}\right)^2 = a + b\left(\frac{h_i}{h}\right) + c\left(\frac{h_i^2}{h^2}\right)$$

onde:

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

h = altura total;

a, b, c = coeficientes da equação.

Posteriormente a forma do fuste de várias espécies foi descrita através da função parabólica de MUNRO com algumas modificações:

$$\left(\frac{d_i}{D}\right)^2 = a + b\left(\frac{h_i}{h} - 1\right) + c\left(\frac{h_i^2}{h^2} - 1\right)$$

onde:

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

h = altura total;

a, b, c = coeficientes da equação.

Esse modelo descreveu satisfatoriamente a forma de 19 espécies estudadas no oeste do Canadá. (KOZAK et al. 1969, p. 280, 282).

O modelo de um polinômio de terceiro grau foi usado por BENNETT e SWINDEL (1972, p. 1,3) para descrever a forma de árvores de *Pinus elliottii* Engelm, sendo:

$$d_i = b_1 \frac{D(h-h_i)}{h-4,5} + b_2(h-h_i)(h_i-4,5) + b_3 h(h-h_i)(h_i-4,5) + b_4 (h-h_i)(h_i-4,5)(h+h_i+4,5)$$

onde:

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i da altura total do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

h = altura total em pés;

b_1, b_2, b_3, b_4 = coeficientes da equação.

sendo que $4,5 \text{ pés} < h_i < h$.

PRODAN, citado por FRIEDL(1989, p.21), afirmou que o ajuste de um polinômio de terceiro grau para *Picea abies* não resultou em boas estimativas para o diâmetro relativo. Por outro lado o polinômio do quinto grau usado por PETERS, citado por HOSOKAWA (1989 p.22), apresentou bom resultado para *Araucaria araucana* (Mol.) C. Koch:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3 + b_4X^4 + b_5X^5$$

onde:

$Y = d_j/d_{0,1h}$ = diâmetro relativo;

$X = h_j/h$ = altura relativa;

h = altura total;

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ = coeficientes da equação.

O polinômio de quinto grau foi usado para a espécie *Araucaria angustifolia* com excelentes resultados; exemplos disto são os trabalhos de BURGER et al.(1980) e HOSOKAWA(1976 p. 81, 1980 p. 22).

HOSOKAWA e GLADE(1984 p.99) empregaram o polinômio absoluto de quinto grau, ou seja:

$$d_i = b_0 + b_1 h_i + b_2 h_i^2 + b_3 h_i^3 + b_4 h_i^4 + b_5 h_i^5$$

onde:

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ = coeficientes da equação.

DEMAERSCHALK (1972, p.242), convertendo a equação de volume de SCHUMACHER, expressou a forma através da seguinte equação de afilamento:

$$d_i = b_0 D^{b_1} h^{b_2} (h - h_i)^{b_3}$$

onde,

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

h = altura total ,

b₀ ,b₁ ,b₂, b₃ = coeficientes da equação.

DEMAERSCHALK e KOZAK (1977, p.491), utilizaram as seguintes equações para descrever pontos específicos do fuste:

$$d = D \left(b_0 + b_1 \left(1 - \frac{h_i}{h} \right)^{b_2} \right)$$

$$d = b_0 D \left(\frac{h_i}{h} \right)^{b_1} b_2 \left(1 - \frac{h_i}{h} \right)$$

onde

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas **h_i** ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

h = altura total ,

b₀ ,b₁ ,b₂, = coeficientes da equação.

NEWBERRY e BURKHART (1986), estudando a forma da espécie *Pinus taeda* L. ajustou os modelos de GRAY (1956) e de ORMEROD (1973) cuja fórmula é a seguinte:

$$d_i = b_0 D \left(\frac{h - h_i}{h - 1,3} \right)^{b_1}$$

onde

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

h = altura total;

b_0, b_1 = coeficientes da equação.

GUIMARÃES e GARCIA (1992) trabalhando com *Eucalyptus* propuseram um novo modelo para descrever o perfil do tronco e concluíram que o mesmo se mostrou eficiente tanto nas estimativas de diâmetros como de volumes. Este modelo foi:

$$d_i = D \left(\exp(1 - \exp(1,3 - h_i)) \right)^{b_1} \left(\frac{h - h_i}{h - 1,3} \right)^{b_2}$$

onde,

d_i = diâmetro do fuste medido à diversas alturas h_i ao longo do fuste;

D = diâmetro à altura do peito (DAP);

h = altura total;

b_0, b_1 = coeficientes da equação.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O experimento foi implantado em 1975 na Floresta Nacional do Tapajós, 67 km ao sul da cidade de Santarém, no estado do Pará, longitude 55°00 W e latitude 2°45 S (SILVA, 1990, p 39). (Figura 3)

A vegetação caracteriza uma típica floresta de terra-firme, que cobre cerca de 200 milhões de ha da Amazônia Brasileira.

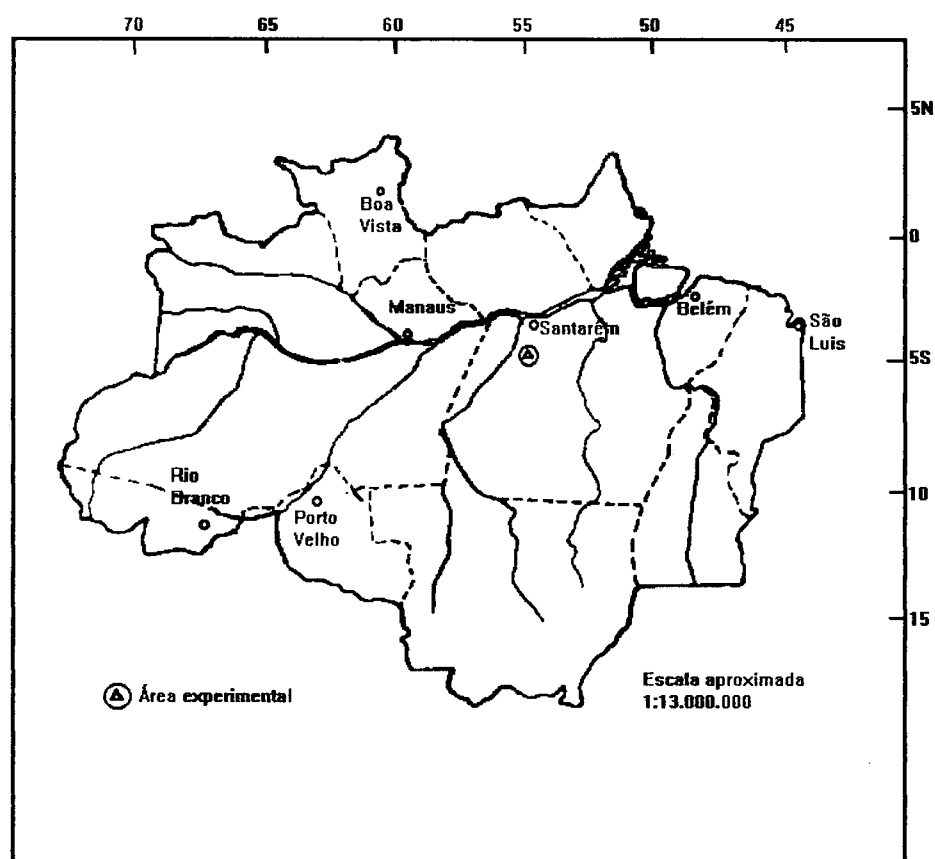
DUBOIS citado por SILVA (1980, p. 13) denominou a vegetação existente na área experimental como "mata alta sem babaçu" (*Orbygnia barbosiana*) para contrastar com outro tipo de floresta similar ocorrente na Floresta do Tapajós onde há a presença daquela palmeira.

A distribuição diamétrica das árvores ocorre de forma balanceada e em certas áreas existe uma certa tendência das árvores de maior porte se agregarem (SILVA, 1980, p. 15)

O clima da região é AMi, de acordo com a classificação de Köppen. De acordo com dados de Belterra, situada a 35 km ao norte da área experimental, a temperatura média mensal varia de 24,3°C a 25,8°C com uma umidade relativa média mensal de 86%. A precipitação média anual é de 1920 mm. A maior parte da precipitação ocorre no período de dezembro a maio, com uma média mensal variando de 170 a 300 mm. O resto do ano é mais seco, com 2 a 3 meses (agosto a outubro) onde a precipitação é inferior a 60 mm.

O relevo é plano a suavemente ondulado e o solo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico. (SILVA; 1990; p. 40).

FIGURA 3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



FONTE: SILVA, (1990, p. 46)

4.2 COLETA DOS DADOS

A obtenção dos dados foi conseguida através do Centro de Pesquisa Agropecuário do Trópico Úmido da EMBRAPA.

Foram coletados dados decorrentes da medição dos diâmetros ao longo do fuste de cada árvore, adotando-se o seguinte procedimento:

- a) Mediu-se e marcou-se o DAP(diâmetro à altura do peito) a 1,30 metros do solo ou o diâmetro 30 cm acima das sapopemas;
- b) Abateu-se a árvore, cortando-a à 0,10 metros do solo;
- c) Mediram-se os diâmetros na base e em intervalos regulares de 2 metros;
- d) Mediu-se o comprimento do fuste até a primeira bifurcação. (FIGURA 4).

Foram coletadas, medidas e cubadas um total de 710 árvores distribuídas em 68 espécies. A tabela 1 mostra a distribuição das árvores em classes de diâmetro com amplitude de 10 cm.

Os dados foram obtidos da medição sistemática das árvores com DAP mínimo de 45 cm; das espécies encontradas foram selecionadas um total de sete para a realização deste estudo; as espécies pertencem ao grupo denominado G1 de acordo com a tabela 1.

TABELA 1 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DAS ÁRVORES POR CLASSE DIAMÉTRICA E POR ESPÉCIE

Espécie	Classe diamétrica (cm)							Total
	45	55	65	75	85	95	>100	
1	8	6	4	2	1	0	2	23
2	4	16	11	10	3	3	1	48
3	21	48	39	16	8	3	0	135
4	0	1	2	3	1	2	7	16
5	1	3	5	5	4	7	2	27
6	4	12	5	15	5	4	2	47
7	1	2	4	3	0	5	11	26
8	5	6	6	7	4	1	0	29
9	1	6	14	20	7	7	2	57
10	1	1	4	6	1	1	2	16
11	4	9	2	0	0	0	0	14
12	0	2	3	1	1	3	4	14
13	2	12	11	13	7	4	2	51
14	5	14	12	1	0	0	0	32
Outras	18	41	27	22	18	14	35	175
Total G1	38	110	96	78	30	26	18	396
Total G2	52	125	111	92	39	34	22	475
Total G3	57	138	121	102	42	40	35	535
Total geral	75	179	148	124	60	54	70	710
G1 (%)	51	61	65	63	50	48	26	56
G2 (%)	70	70	75	74	65	63	31	67
G3 (%)	76	77	82	82	70	74	50	75

Legenda:

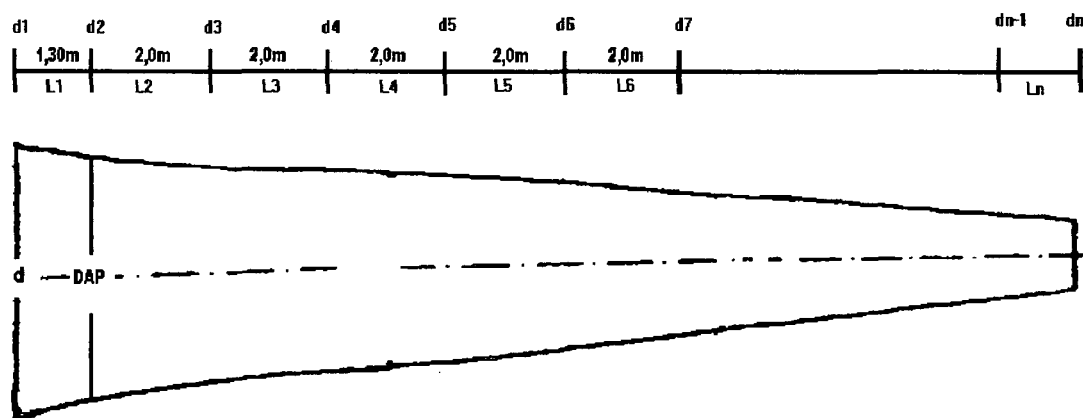
- | | |
|--|--|
| 1 - Abiu | 8 - Louro |
| 2 - Abiurana (<i>Pouteria</i> sp e <i>Syzygiopsis</i> sp) | 9 - Maçaranduba (<i>Manilkara huberi</i> Ducke) |
| 3 - Andiroba (<i>Carapa guianensis</i> Aubl.) | 10 - Muiracatiara (<i>Astronium gracile</i> Engl.) |
| 4 - Castanha (<i>Bertholletia excelsa</i> Ducke) | 11 - Muiratinga (<i>Helicostylis pedunculata</i> Ben.) |
| 5 - Cupiuba (<i>Goupia glabra</i> Aubl) | 12 - Quarubarana (<i>Erisma uncinatum</i> Warm) |
| 6 - Jarana (<i>Holopyxidium jarana</i> Ducke) | 13 - Tachi Vermelho (<i>Sclerolobium chrysophyllum</i> P. et) |
| 7 - Jutai-açu (<i>Hymenaea courbaril</i> L.) | 14 - Ucuuba da terra firme (<i>Virola melinonii</i> (Ben) A.C. Smith) |

G1 = Espécies (2, 3, 6, 7, 9, 13, 14)

G2 = Espécies (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14)

G3 = Espécies (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14)

FIGURA 4 PONTOS DE MEDIÇÃO DO FUSTE



FONTE: MODIFICADO COM BASE EM LOETSCH et al. (1973)

4.3 DETERMINAÇÃO DO VOLUME

A determinação do volume individual é uma das operações mais importantes na mensuração florestal.

Para obtenção do volume real do fuste das árvores foi aplicado o método de Smalian para cada espécie, cuja fórmula foi descrita por LOETSCH et al. (1973, p. 146) e HUSCH et al. (1982, p.101).

Fórmula de Smalian
$$v = \frac{(g_i + g_s)}{2} \cdot L,$$

A fórmula de Smalian foi aplicada de modo sucessivo ao longo do fuste, porém o volume da última seção de cada árvore foi calculado usando a fórmula do tronco de cone, recomendado por ANUCHIN, (1970, p. 50.)

$$v = \frac{(g_i + \sqrt{g_i + g_s + g_s})}{3} \cdot L$$

onde

v = volume da seção

g_i , g_s = área transversal nos extremos inferiores e superiores de cada seção

respectivamente

L = Comprimento da seção

4.4 AJUSTE DAS EQUAÇÕES DE VOLUME

Uma vez obtidos os volumes reais pelo método de Smalian, foram ajustados 18 modelos matemáticos para cada espécie do grupo 1. Na tabela 2 estão listados os modelos escolhidos para o ajustamento da equação de volume. Diversos modelos são tradicionalmente propostos pela literatura na forma logarítmica, porém neste estudo todos os modelos foram ajustados na sua forma básica. (LOETSCH, et al. 1973 p. 154, SILVA et al. 1984, p. 55).

TABELA 2 MODELOS VOLUMÉTRICOS TESTADOS

Modelo		
1	$v = b_0 + b_1 D^2$	Kopezky-Gehrhardt
2	$v = b_0 + b_1 D + b_2 D^2$	Hohenadl-Krenn
3	$v = b_0 D^{b_1}$	B. Husch 1963
4	$v = b_0 D^{b_1} e^{b_2(1/D)}$	Brenac (Log. forma)
5	$v = b_0 + b_1 D$	
6	$v = b_0 + b_1(1/D)$	
7	$v = b_0 + b_1(1/D) + b_2 D$	
8	$v = b_0 D^{b_1} e^{b_2 D}$	
9	$v = e^{b_0 + b_1 D + b_2 D^2}$	
10	$v = b_0 + b_1 D^2 h$	Variável combinada (S. H. Spurr 1952)
11	$v = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 h + b_3 h$	Stoate (Australiana)
12	$v = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2 h + b_3 D h^2 + b_4 h^2$	Näslund (modificada)
13	$v = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 D h + b_4 D^2 h + b_5 h$	Meyer
14	$v = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 D h + b_4 D^2 h$	Meyer (modificada)
15	$v = b_0 D^{b_1} h^{b_2}$	Schumacher-Hall
16	$v = b_0 (D^2 h)^{b_1}$	Variável combinada Logarítmica (Spurr 1952)
17	$v = b_0 D^{b_1} h^{b_3} e^{(b_2 \ln^2 D + b_4 \ln^2 h)}$	Instituto de Pesquisas Florestais Baden-Wuerttemberg (Prodan)
18	$v = \frac{D^2 h}{b_0 + b_1 D}$	Takata

onde:

v = volume individual em m^3

D = diâmetro à altura do peito (DAP) ou a 30 cm acima das sapopemas em cm

h = altura do fuste;

b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 = coeficientes da equação.

\ln = logaritmo natural

e = base do logaritmo natural

4.5 DETERMINAÇÃO DO FATOR DE FORMA

Para cada espécie, o fator de forma absoluto ou artificial foi determinado de acordo com ASSMANN, (1970, p. 65). como segue:

$$F_a = \frac{v_a}{g.h}$$

onde:

F_a = fator de forma absoluto ou artificial de cada espécie;

v_a = volume do fuste da árvore segundo método de Smalian;

g = Área transversal, tendo como base o diâmetro à altura do peito (**DAP**);

h = Altura da árvore.

O agrupamento em classe diamétrica possibilitou a determinação do fator de forma absoluto por espécie e por classe de diâmetro, denominado simbolicamente por

F_{ac} .

4.6 DESENVOLVIMENTO DAS FUNÇÕES DE AFILAMENTO

Os modelos encontrados na literatura procuram estimar o diâmetro (d_i) igual a "0" (zero), quando a altura h_i for igual a altura total (h). Porém isto não ocorre neste estudo porque a altura total considerada é a altura do tronco até a primeira bifurcação, conseqüentemente, o diâmetro nesta posição não é igual a "0". Visando atender a esta condicionante foram realizadas modificações nos modelos.

Foi feito um exame preliminar das variáveis independentes. Uma destas variáveis matematicamente independente mais usada nos modelos é a seguinte:

$\frac{h - h_i}{h}$. Neste estudo foram feitas adaptações de várias equações, nas quais foram

usadas variações daquela variável matemática; nos modelos com índice "a", foi usada

a variável $\frac{h}{h + h_i}$, e nos modelos com índice "b" a variável $\frac{1}{h_i + 1,3}$.

Dentre os diversos modelos citados pela literatura foram ajustados e testados os listados a seguir (Tabela 3):

TABELA 3 MODELOS DE FUNÇÕES DE AFILAMENTO

Modelo	
1	$d_i = D \left(b_0 + b_1 \frac{h_i}{h} + b_2 \frac{h_i^2}{h^2} \right)^{1/2}$
2	$d_i = D \left(b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h} - 1 \right) + b_2 \left(\frac{h_i^2}{h^2} - 1 \right) \right)^{1/2}$
3a	$d_i = D \left(b_0 + b_1 \left(1 - \frac{h_i}{h} \right)^{b_2} \right)$
4a	$d_i = b_0 D \left(\frac{h}{h+h_i} \right)^{b_1}$
5a	$d_i = b_0 D^{b_1} \frac{h}{(h+h_i)^{b_2}} h^{b_3}$
6a	$d_i = b_0 + b_1 D \frac{h}{h+h_i} + b_2 \left(\frac{h}{h+h_i} \right)^2 + b_3 \left(\frac{h}{h+h_i} \right)^3 + b_4 \left(\frac{h}{h+h_i} \right)^4$
7a	$d_i = b_0 \left(\frac{h}{h+h_i} \right)^{1/2}$
8a	$d_i = b_0 \left(\frac{h}{h+h_i} \right)^{b_1}$
9a	$d_i = D \left(\exp(1 - \exp(1.3 - h_i))^{b_1} \right) \left(\frac{h}{h+h_i} \right)^{b_2}$
10a	$d_i = D \left(\frac{h}{h+h_i} \right)^{\frac{1}{k}}$
11a	$d_i = D \left(\frac{h}{h+h_i} \right)^p$

TABELA 3 MODELOS DE FUNÇÕES DE AFILAMENTO (CONTINUAÇÃO)

Modelo	
3b	$d_i = D \left(b_0 + b_1 \left(\frac{h}{h + h_i} \right)^{b_2} \right)$
4b	$d_i = b_0 D \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right)^{b_1}$
5b	$d_i = b_0 D^{b_1} \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right)^{b_2} h^{b_3}$
6b	$d_i = b_0 D \frac{1}{h_i + 1.3} + b_1 \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right) + b_2 h \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right) + b_3 \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right) (h + h_i + 1.3)$
7b	$d_i = b_0 \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right)^{1/2}$
8b	$d_i = b_0 \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right)^{b_1}$
9b	$d_i = D \left(\exp(1 - \exp(1.3 - h_i))^{b_1} \right) \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right)^{b_2}$
10b	$d_i = D \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right)^{\frac{1}{k}}$
11b	$d_i = D \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right)^p$

Autores	
1	Munro (1968)
2	Kozak et al. (1969)
3	Demaerschalk e Kozak (1977)
4	Ormerod (1973)
5	Demaerschalk (1973)
6	Bennett e Swindel (1972)
7	Gray (1956)
8	Gray Modificado (1956)
9	Guimarães e Garcia (1992)
10	Newnham (1988)
11	Grosenbaugh (1964)

4.7 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO MELHOR MODELO

A seleção do melhor modelo, tanto das equações de volume como das equações de afilamento, foi baseada nos seguintes indicadores de ajuste:

- a) Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2);
- b) Erro padrão da Estimativa Absoluto (S_{YX});
- c) Erro padrão da Estimativa Percentual ($S_{YX}\%$);
- d) Teste "F" de Significância;
- f) Análise gráfica dos resíduos.

Segundo os critérios apresentados, o melhor modelo foi aquele que apresentou de forma conjunta o menor Erro Padrão da Estimativa em Percentagem ($S_{YX}\%$) e maior Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2). Porém, estes indicadores não foram decisivos para a escolha, pois certos modelos podem apresentar tendenciosidade na distribuição dos resíduos.

4.7.1 Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2)

Para cada um dos 18 modelos de equação de volume e dos 20 modelos de equação de afilamento, foi estimado o coeficiente de determinação (R^2) nas 7 espécies estudadas.

DRAPER e SMITH, (1981; p.91) definem o R^2 estatístico como sendo a medida da quantidade de variação em relação à média explicada pela equação ajustada, cuja fórmula é descrita abaixo:

$$R^2 = \frac{SQReg}{SQTc} = 1 - \frac{SQRes}{SQTc}$$

onde

SQReg = soma do quadrado da regressão ou do modelo

SQRes = soma do quadrado dos resíduos

SQTc = soma do quadrado total corrigido

Como nem todos os modelos possuem o mesmo número de parâmetros a serem estimados, por este motivo foi estimado o Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2) definido como sendo:

$$R_a^2 = 1 - (1 - R^2) \left(\frac{n-1}{n-p} \right)$$

onde

n = número total de observações

p = número total de parâmetros (incluindo o b_0)

O R_a^2 pode ser usado para comparar equações ajustadas não apenas para um conjunto específico de dados, mas também para dois ou mais conjuntos de dados inteiramente diferentes. O R_a^2 serve como um indicador inicial

4.7.2 Erro Padrão da Estimativa (S_{yx})

Observando as tabelas 2 e 4 verifica-se que as variáveis dependentes de cada modelo, ou sejam **v** e **d_i**, volume individual e diâmetro a qualquer altura

respectivamente, não sofreram nenhuma transformação matemática e por vez, todas as equações estimam diretamente as variáveis de interesse.

O Erro Padrão da Estimativa indica a dispersão dos valores estimados em relação aos valores observados, ou seja a sua proximidade.

Primeiramente, foram calculados os erros padrões de estimativas (S_{YX}) na forma absoluta utilizando a seguinte fórmula:

$$S_{XY} = \sqrt{QMRes}$$

onde

QMRes = Quadrado Médio dos Resíduos

De posse dos erros padrões de estimativas (S_{YX}), foram calculados erros padrões de estimativas em percentagem ($S_{YX}\%$),

$$S_{YX}\% = \frac{S_{YX}}{\bar{Y}} \cdot 100$$

onde

\bar{Y} = valor médio da variável dependente

O Erro Padrão da Estimativa em Percentagem mede a dispersão relativa das observações, uma vez que o mesmo resulta da razão entre S_{YX} e \bar{Y}

4.7.3 Teste “F” de Significância

Para cada modelo ajustado foi calculado o valor de “F” para 7 espécies em estudo. O valor de “F” é obtido pela razão entre a variância do modelo ou da regressão e a variância do erro experimental ou do resíduo.

Se o valor “F” calculado for maior que o valor “F” tabelado, isso implicará na hipótese de que o modelo é significativo para o ajustamento dos dados.

4.7.4 Análise Gráfica dos Resíduos

A análise gráfica residual visa detectar possíveis tendências nas estimativas. Visando atender a esse pressuposto foram plotados os resíduos das estimativas das variáveis de interesse sobre a variável D (Diâmetro à altura do peito), o que proporcionou a visualização do comportamento desses resíduos ao longo do eixo da amplitude de predição daquelas variáveis.

De acordo com PAULA NETO (1977) e HIGUCHI E RAMM (1985) foi usada a seguinte fórmula para o cálculo do resíduo em percentagem:

$$\text{Res(\%)} = \left(\frac{v_o - v_e}{v_o} \right) \cdot 100$$

onde

v_o = valores observados,

v_e = valores estimados.

AHRENS (1982, p. 13) afirma que o exame visual de gráfico é uma opção informal e subjetiva para analisar a distribuição de resíduos de regressão, embora, em muitas investigações, seja suficiente para uma adequada avaliação.

ALDER (1980, p. 150) afirma que a análise de resíduo tem os seguintes propósitos:

- a) Determinar quando os resíduos da regressão confirmam as suposições do modelo, isto é, são não correlacionados, se estão normalmente distribuídos e se têm variância uniforme;
- b) Avaliar a falta de ajuste no modelo por uma tendência sistemática dos resíduos;
- c) Examinar visualmente a forma das relações entre os resíduos e possíveis variáveis independentes, porém, ainda não introduzidas no modelo de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

Para as 7 (sete) espécies estudadas foram determinadas as estatísticas descritivas: Média, Desvio Padrão, Erro Padrão, Coeficiente de Variação, Valor Máximo, Valor Mínimo e Amostra Ideal.

A Tabela 4 mostra estas estatísticas para as variáveis diâmetro à altura do peito (**DAP**), altura total (**h**), volume individual (**v**) e fator de forma absoluto (**F**). Observa-se que para todas as espécies o coeficiente de variação apresentou os maiores valores para a variável volume, seguido da altura total (exceto Jarana e Jutai-açu) , diâmetro e do fator de forma.

O tamanho de amostra utilizado mostrou-se satisfatório para o diâmetro à altura do peito (**DAP**), altura total (**h**) e Fator de forma (**F**), porém, para o volume individual foi insuficiente (exceto para Andiroba). Na prática, torna-se muito oneroso alcançar o tamanho de amostra ideal, devido a distribuição espacial das espécies que é bastante dispersa.

Analisando todas as espécies estudadas conjuntamente verifica-se, ainda na Tabela 4, que o fator de forma médio apresenta pequena variação de 0,62 a 0,79, porém, analisando individualmente cada espécie, observa-se uma maior variação desta variável.

De acordo com SUDAM (1973 p. 551) o fator de forma para árvores amazônicas, em geral, é 0,712.

TABELA 4 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS PARA AS VARIÁVEIS DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA TOTAL (h), VOLUME INDIVIDUAL (v) E FATOR DE FORMA ABSOLUTO (F).

Espécie	Variável	Observação	Média	Variância	Desvio padrão	Erro padrão	Coef. variação	Máximo	Mínimo	Amostra ideal
ABIU	DAP	23	62,43	432,35	20,79	4,34	33,31	124,14	44,56	48
	h	23	16,09	13,39	3,66	0,76	22,75	22,60	9,00	22
	v	23	3,76	4,72	2,17	0,45	57,72	9,19	1,60	143
	F	23	0,76	0,01	0,08	0,02	10,36	0,89	0,60	5
ABIURANA	DAP	48	65,43	195,38	13,98	2,02	21,36	101,86	41,38	18
	h	48	15,79	13,11	3,62	0,52	22,94	22,30	9,10	21
	v	48	4,10	3,06	1,75	0,25	42,64	10,43	1,97	73
	F	48	0,77	0,01	0,10	0,01	12,87	0,93	0,56	7
ANDIROBA	DAP	135	61,22	132,62	11,52	0,99	18,81	93,90	44,56	14
	h	135	15,85	14,36	3,79	0,33	23,90	26,80	8,30	22
	v	135	3,72	3,58	1,89	0,16	50,87	12,37	1,59	99
	F	135	0,77	0,01	0,09	0,01	11,87	0,94	0,51	5
CASTANHA	DAP	16	101,06	1036,33	32,19	8,05	31,85	154,38	57,30	46
	h	16	27,36	13,18	3,63	0,91	13,27	34,30	20,00	8
	v	16	15,68	120,19	10,96	2,74	69,93	33,82	33,21	222
	F	16	0,62	0,01	0,10	0,03	16,88	0,75	0,42	13
CUPIUBA	DAP	27	79,99	412,03	20,30	3,91	25,38	133,69	44,56	27
	h	27	13,97	12,84	3,58	0,69	25,64	22,30	8,30	28
	v	27	5,32	6,31	2,51	0,48	47,21	12,13	1,82	95
	F	27	0,75	0,01	0,12	0,02	15,85	0,95	0,47	11
JARANA	DAP	47	70,73	287,32	16,95	2,47	23,97	120,96	44,56	23
	h	47	20,97	11,47	3,39	0,49	16,15	27,80	11,00	11
	v	47	6,30	11,69	3,42	0,50	54,28	16,95	1,75	119
	F	47	0,72	0,01	0,09	0,01	12,31	0,91	0,53	6
JUTAI-AÇU	DAP	26	93,08	713,92	26,72	5,24	28,71	136,87	48,38	35
	h	26	28,18	7,63	2,76	0,54	9,80	34,60	24,62	4
	v	26	14,54	64,58	8,04	1,58	55,27	29,81	3,71	130
	F	26	0,70	0,00	0,06	0,01	9,21	0,86	0,57	4

TABELA 4 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS PARA AS VARIÁVEIS DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA TOTAL (h), VOLUME INDIVIDUAL (v) E FATOR DE FORMA ABSOLUTO (F) (Continuação).

Espécie	Variável	Observação	Média	Variância	Desvio padrão	Erro padrão	Coef. variação	Máximo	Mínimo	Amostra ideal
LOURO	DAP	29	64,66	195,03	13,97	2,59	21,60	91,35	43,61	20
	h	29	15,43	18,38	4,29	0,80	27,78	23,90	7,35	32
	v	29	3,95	2,55	1,60	0,30	40,39	7,79	1,29	69
	F	29	0,79	0,02	1,37	0,03	17,41	1,06	0,51	13
MAÇARANDUBA	DAP	57	73,98	190,21	13,79	1,83	18,64	108,23	46,79	14
	h	57	19,48	20,01	4,47	0,59	22,96	32,00	10,60	21
	v	57	6,18	5,75	2,40	0,32	38,78	11,27	1,57	61
	F	57	0,73	0,02	0,13	0,02	17,32	1,04	0,41	12
MUIRACATIARA	DAP	16	75,92	314,04	17,72	4,43	23,34	114,59	49,66	25
	h	16	27,37	8,80	2,97	0,74	10,84	32,40	21,15	5
	v	16	9,64	28,83	5,37	1,34	55,68	21,96	3,13	141
	F	16	0,73	0,01	0,09	0,02	12,11	0,95	0,61	7
MUIRATINGA	DAP	14	51,88	22,23	4,71	1,26	9,09	63,66	44,56	4
	h	14	14,66	13,71	3,70	0,99	25,26	23,84	10,40	30
	v	14	2,24	0,31	0,55	0,15	24,69	3,42	1,48	28
	F	14	0,74	0,01	0,10	0,03	13,71	0,95	0,58	9
QUARUBARANA	DAP	14	89,33	911,54	30,19	8,07	33,80	146,42	50,93	53
	h	14	18,29	12,31	3,51	0,94	19,19	23,60	10,00	17
	v	14	8,87	38,15	6,18	1,65	69,64	21,76	3,07	226
	F	14	0,71	0,01	0,09	0,02	12,70	0,85	0,57	8
TACHI VERMELHO	DAP	51	71,14	201,45	14,19	1,99	19,95	108,23	48,06	16
	h	51	16,41	13,82	3,72	0,52	22,65	24,40	9,25	21
	v	51	5,12	4,75	2,18	0,31	42,55	9,98	2,20	73
	F	51	0,77	0,01	0,08	0,01	10,98	0,92	0,53	5
UCUUBA T. FIRME	DAP	32	57,07	54,72	7,40	1,31	12,96	76,39	42,97	7
	h	32	20,44	12,51	3,54	0,63	17,30	26,60	12,22	12
	v	32	3,84	1,54	1,24	0,22	32,25	6,95	1,77	43
	F	32	0,73	0,00	0,07	0,01	9,29	0,86	0,57	4
TOTAL	DAP	710	67,58	284,86	52,52	1,62	0,78	146,42	41,38	24
	h	710	18,35	24,95	0,59	0,78	0,03	34,60	7,35	28
	v	710	5,24	11,10	9,77	0,09	1,87	21,76	1,29	155
	F	710	0,75	0,01	0,07	0,03	0,09	1,06	0,47	6

5.2 EQUAÇÕES DE VOLUME

Através dos indicadores de ajuste e das distribuições gráficas dos resíduos foi possível escolher os melhores modelos de estimativas volumétricas para cada espécie estudada de forma individualizada.

5.2.1 Equações de volume para a espécie *Abiurana* (*Pouteria* sp e *Syzygiopsis* sp)

Na tabela 5 são mostrados os resultados da determinação dos coeficientes dos modelos volumétricos. Observa-se que o modelo 10 apresentou maior valor do Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2), seguido pelos modelos 13, 14 e 17. No que diz respeito ao Erro Padrão da Estimativa Percentual, ($S_{YX}\%$), a mesma tabela mostra também que o melhor modelo foi novamente o 10, apresentando um $S_{YX}\%$ igual a 10,698%, enquanto que os modelos 13, 14 e 17 apresentaram $S_{YX}\%$ igual a 12,733%, 12,808% e 12,981%, respectivamente.

Nas figuras 5A, 5B, 5C e 5D pode-se visualizar a distribuição gráfica dos resíduos volumétricos para os 4 (quatro) melhores modelos em termos do erro padrão da estimativa.

A análise residual permite afirmar que o modelo 13 apresenta uma distribuição mais homogênea dos resíduos volumétricos. Portanto a escolha recai sobre o modelo de Meyer(13) como o mais apropriado para a estimativa do volume para a espécie *abiurana*.

TABELA 5 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA ABIURANA
(*Pouteria* sp e *Syzygiopsis* sp)

Modelo	Coeficientes						R_a^2	S_{YX}	$S_{YX}\%$	"F"
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5				
10	0,083514	0,000057					0,961	0,439	10,698	518,043
13	-5,678999	0,227827	-0,001877	-0,022028	0,000241	0.586443	0,920	0,523	12,733	96,989
14	3,207641	-0,025344	-0,000145	-0,005046	0,000123		0,917	0,526	12,808	119,434
17	0,00001014	2,38677392	-0,02863357	1,62683351	-0,13972628		0,907	0,533	12,981	604,964
12	0,398107	-0,000422	0,00012	-0,000229	0,004871		0,915	0,533	12,990	115,813
15	0,00004713	2,13490704	0,88127109				0,906	0,536	13,071	1040,099
11	1,468883	-0,000123	0,000072	-0,107431			0,910	0,542	13,201	148,733
18	20119,1400	-48,5800					0,902	0,546	13,299	1533,657
16	0,00003771	1,04172802					0,892	0,575	14,004	1386,600
9	-2,22103349	0,08001271	-0,00453872				0,862	0,807	19,672	193,2004
8	0,00007029	2,92693714	-0,01916647				0,672	1,003	24,430	287,3207
4	0,0186637	1,3426739	-15,2952649				0,657	1,025	24,963	274,5686
5	-2,569304	0,101987					0,664	1,026	24,989	90,8118
3	0,00657620	1,53566099					0,654	1,029	25,074	417,0478
2	-4,875898	0,170295	-0,000484				0,668	1,030	25,102	45,2924
7	-0,637909	-63,296253	0,087884				0,665	1,036	25,233	44,5905
1	0,95194	0,000705					0,642	1,059	25,801	82,3346
6	10,998721	-432,695861					0,633	1,071	26,095	79,4613

FIGURA 5A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 10

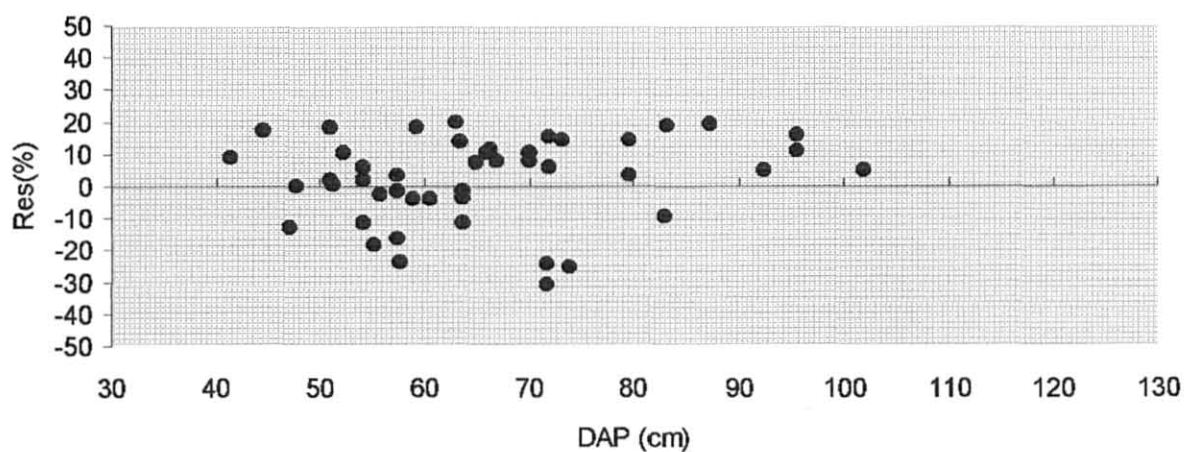


FIGURA 5B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 13

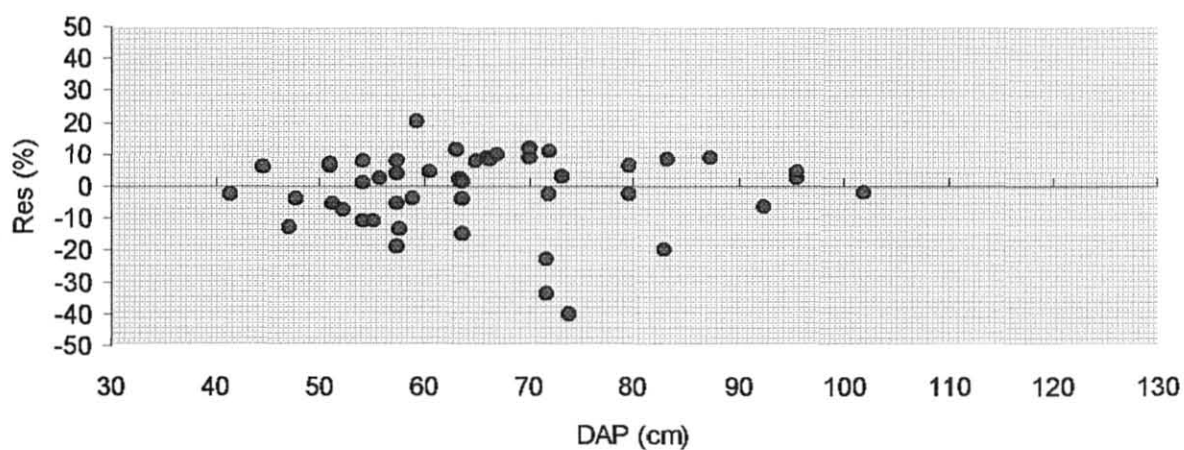


FIGURA 5C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 14

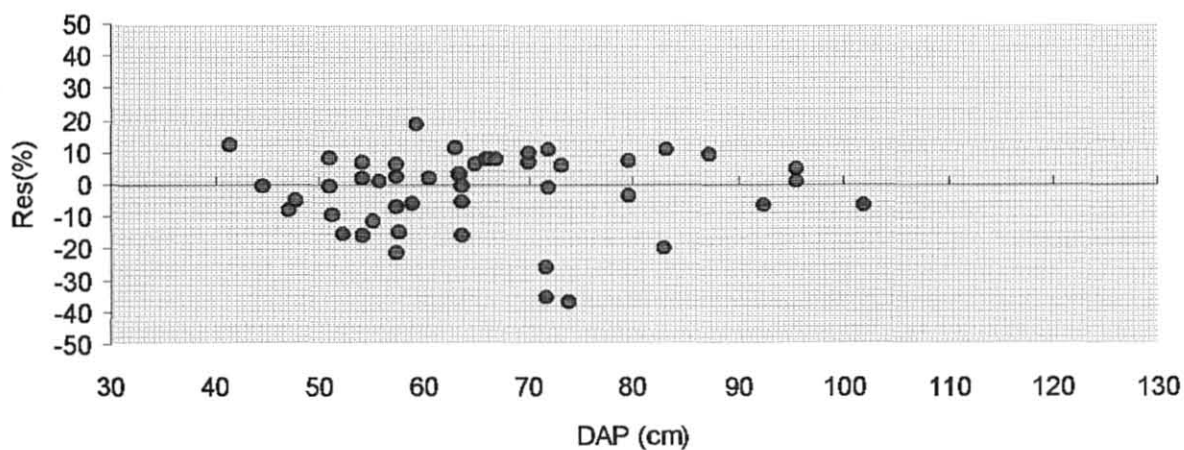
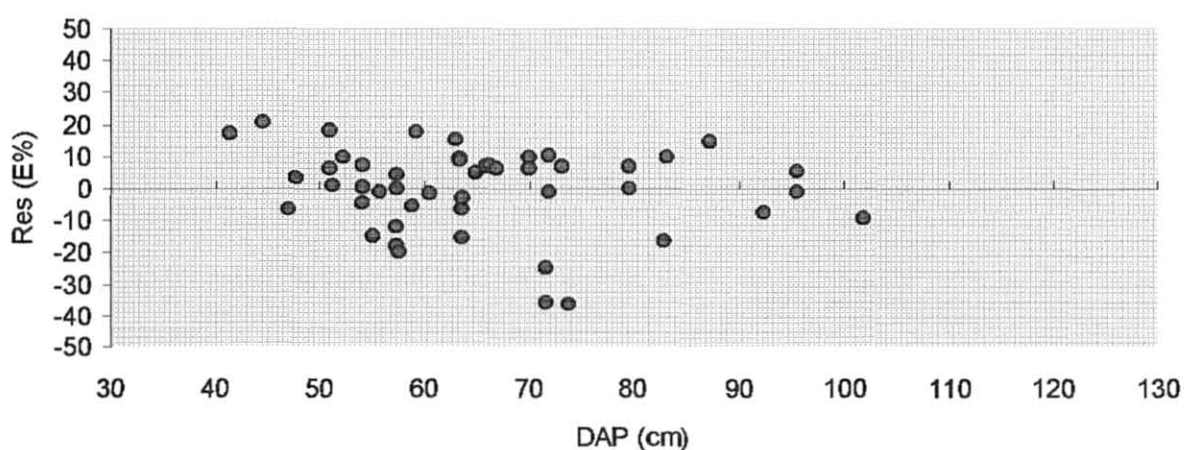


FIGURA 5D DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 17



5.2.2 Equações de volume para a espécie Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.)

Nos resultados de ajustamento apresentados na tabela 6, observa-se que o coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) para os modelos 17, 15, 11, 13, 14 e 12 apresenta valor igual a 0,951.

A mesma tabela revela que os quatro melhores modelos, em relação ao Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{yx}\%$), foram os seguintes: Prodan(17), Schumacher-Hall(15), Stoate(11) e Meyer(13); apresentando valores de 11,280%, 11,281%, 11,446% e 11,446%, respectivamente.

A distribuição gráfica dos resíduos volumétricos vista nas figuras 6A, 6B, 6C e 6D, mostrou que as estimativas volumétricas em relação aos valores observados se comportaram de forma homogênea e portanto não tendenciosa para os 4 primeiros modelos.

Deste modo tanto modelo de Prodan(17) como o modelo de Schumacher-Hall(15) são apropriados para estimar o volume da andiroba.

TABELA 6 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA ANDIROBA
(*Carapa guianensis* AUBL.)

Modelo	Coeficientes						R_a^2	S_{YX}	$S_{YX}\%$	"F"
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5				
17	0,00003403	2,50947908	-0,06476951	0,93392991	-0,03270777		0,951	0,420	11,280	2561,303
15	0,00014184	1,95961890	0,74765853				0,951	0,420	11,281	4333,502
11	-0,24554	0,000294	0,00004	0,020461			0,951	0,426	11,446	838,465
13	6,206906	-0,196252	0,001738	0,011597	-0,000045	-0,364423	0,951	0,426	11,446	503,526
14	0,379429	-0,022192	0,000481	0,000797	0,000032		0,951	0,427	11,477	625,510
12	-0,024677	0,000186	0,000052	-0,000041	0,001718		0,951	0,427	11,484	624,690
16	0,00017536	0,90241166					0,944	0,448	12,041	5740,257
10	0,413375	0,000052					0,943	0,454	12,210	2192,45
18	14528,3904	40,0265					0,936	0,477	12,804	5025,988
9	-1,22397858	0,04553840	-0,00188505				0,807	0,831	22,323	1073,937
8	0,00304413	1,54683017	0,01114884				0,807	0,832	22,353	1070,957
3	0,00028799	2,28812776					0,805	0,836	22,487	1598,707
2	3,307559	-0,120863	0,002013				0,807	0,838	22,527	275,605
7	-21,35659	505,974877	0,270206				0,804	0,843	22,672	271,272
4	0,0126662	1,5679383	-49,8023737				0,801	0,844	22,689	1038,042
1	-0,578094	0,001108					0,801	0,846	22,756	536,553
5	-5,165296	0,145124					0,780	0,891	23,937	472,117
6	12,884334	-543,405627					0,696	1,047	28,137	304,956

FIGURA 6A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 17

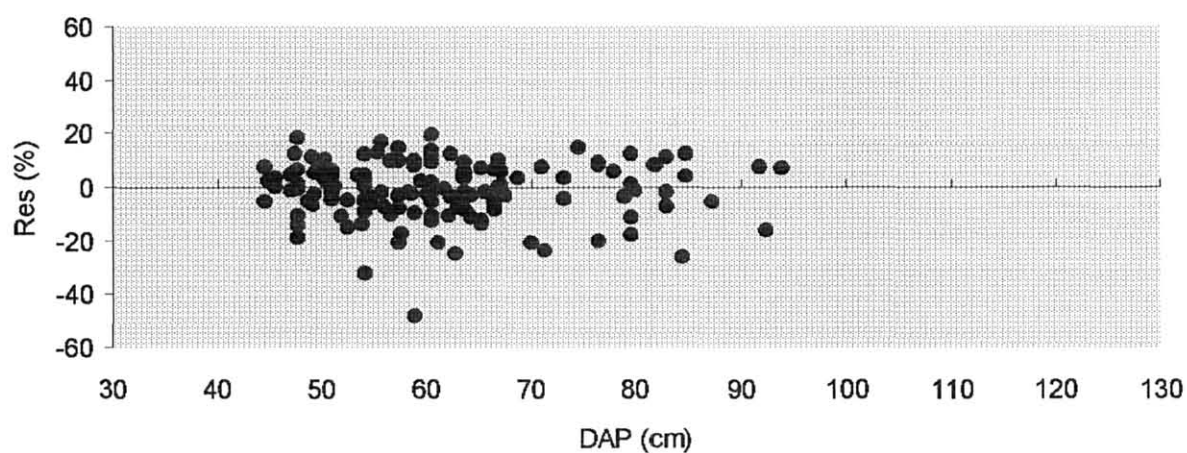


FIGURA 6B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 15

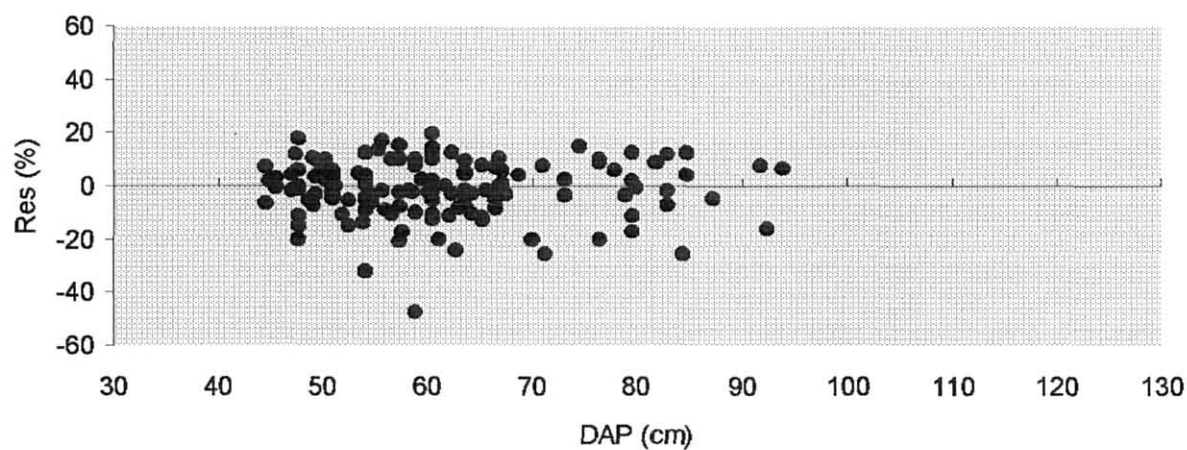


FIGURA 6C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 11

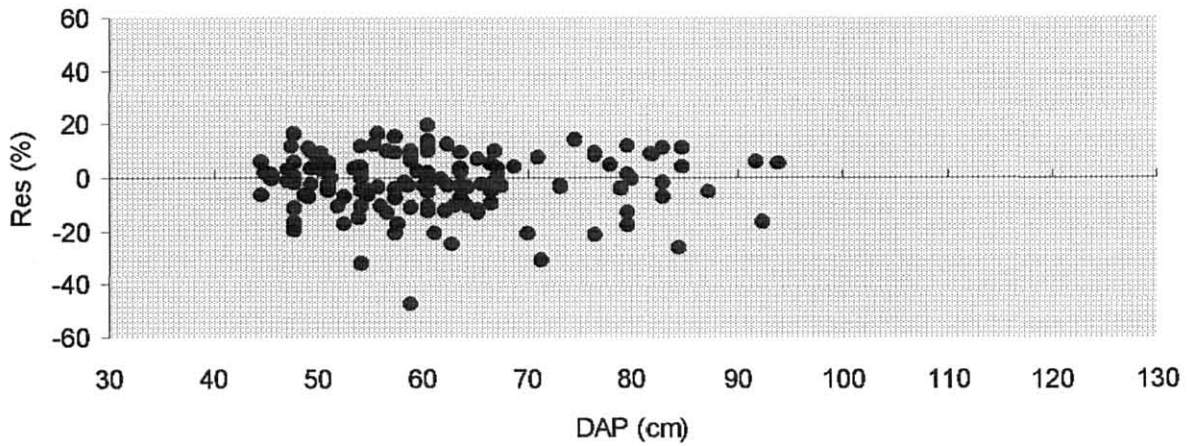
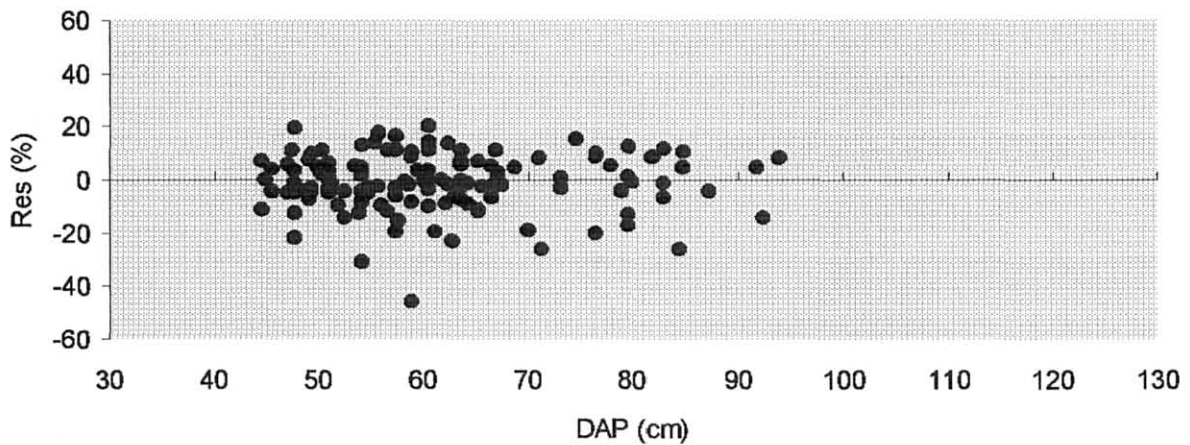


FIGURA 6D DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 13



5.2.3 Equações de volume para a espécie Jarana (*Holopyxidium jarana* Ducke)

A tabela 7 mostra os resultados do ajustamento dos modelos volumétricos para a espécie jarana. Verifica-se que todos os modelos alcançaram altos valores do Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2) variando de 0,906 a 0,956, exceto o modelo 6, que apresentou $R_a^2=0,782$.

Em referência ao Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{YX}\%$), destacaram-se os modelos 17, 15, 13 e 11, que apresentaram valores de 11,858%, 12,043%, 12,061% e 12,301%, respectivamente.

Nas figuras 7A, 7B, 7C e 7D são mostradas as distribuições gráficas dos resíduos volumétricos. A análise mostra que não existe tendenciosidade na estimativa volumétrica da espécie.

O modelo de Prodan(17) pode ser considerado para a estimativa do volume, por ter apresentado um menor Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{YX}\%$) e uma distribuição de resíduos homogênea, não se descartando, porém, o modelo de Schumacher-Hall (15) e o modelo de Meyer (13).

TABELA 7 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA JARANA
(*Holopyxidium jarana* DUCKE)

Modelo	Coeficientes						R_a^2	S_{YX}	$S_{YX}\%$	"F"
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5				
17	0,00001717	2,71331968	-0,08091365	1,21895822	-0,11221882		0,952	0,747	11,858	777,938
15	0,00022005	2,00245378	0,55029671				0,951	0,758	12,043	1316,292
13	27,679529	-0,895191	0,00734	0,040991	-0,000278	-1,279273	0,956	0,760	12,061	178,160
11	-2,528946	0,000969	0,000012	0,113419			0,952	0,775	12,301	284,278
14	-0,583669	-0,063885	0,001458	0,003581	-0,000015		0,953	0,778	12,346	211,807
12	-1,03627	0,000848	0,000017	1,793978E-7	0,001967		0,951	0,791	12,560	204,291
16	0,00011055	0,94235679					0,938	0,854	13,554	1588,577
18	16844,9722	14,1646					0,935	0,870	13,808	1529,082
10	0,30988	0,000053					0,936	0,873	13,867	659,873
9	-1,62935064	0,06345833	-0,00343452				0,929	0,913	14,501	903,5251
8	0,00005754	2,85781884	-0,00883917				0,925	0,934	14,835	862,3243
4	0,0144971	1,5607361	-44,3110775				0,924	0,940	14,924	852,1476
3	0,00084186	2,08111405					0,923	0,949	15,068	1280,871
7	-22,615905	524,943238	0,297915				0,926	0,952	15,113	274,726
1	-0,428728	0,001273					0,924	0,954	15,152	545,378
2	-0,923281	0,013584	0,001185				0,924	0,964	15,313	267,006
5	-7,281589	0,191999					0,906	1,058	16,796	435,459
6	19,057795	-854,012262					0,782	1,615	25,646	161,086

FIGURA 7A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 17

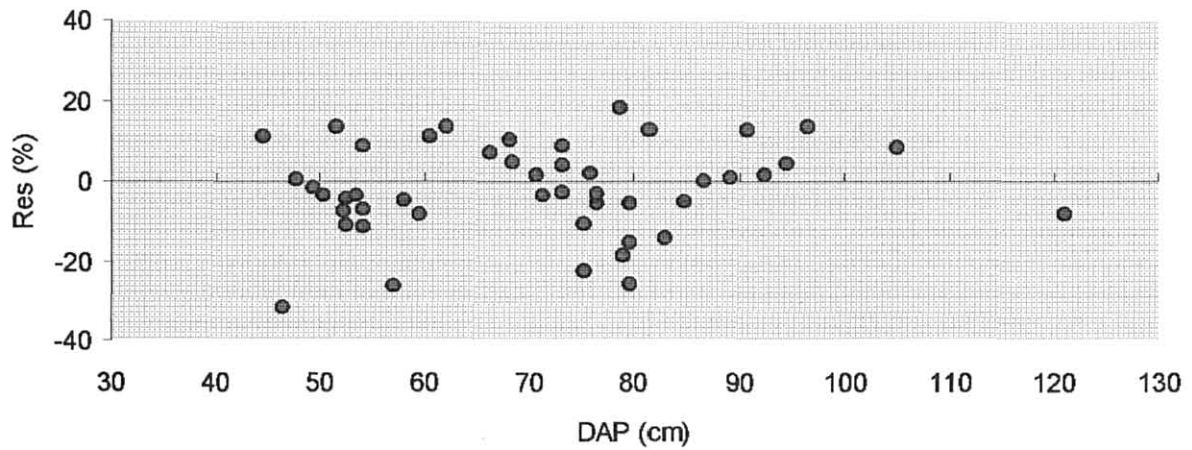


FIGURA 7B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 15

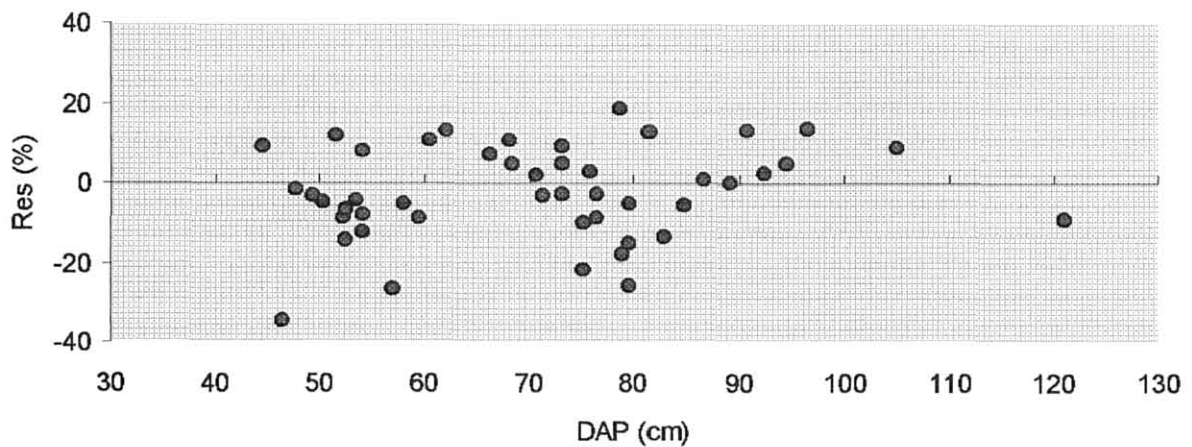


FIGURA 7C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 13

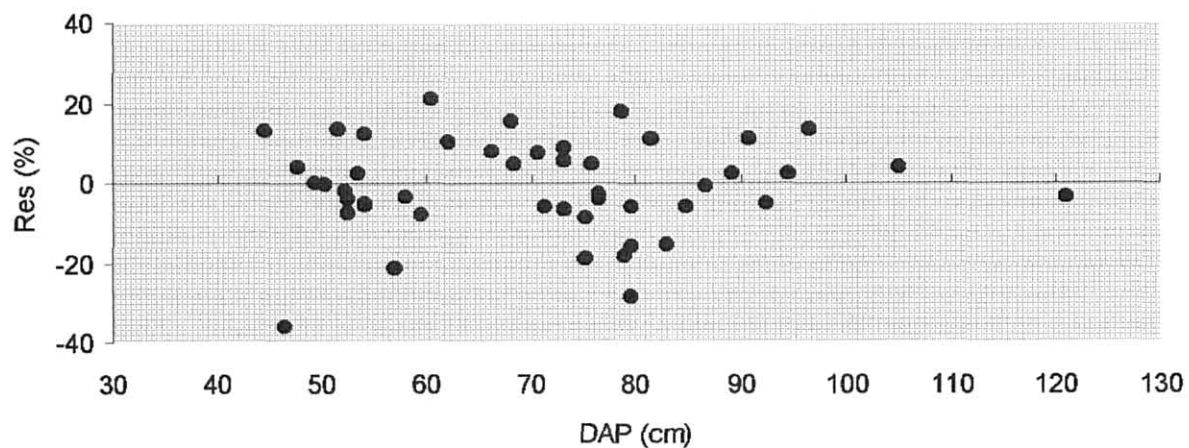
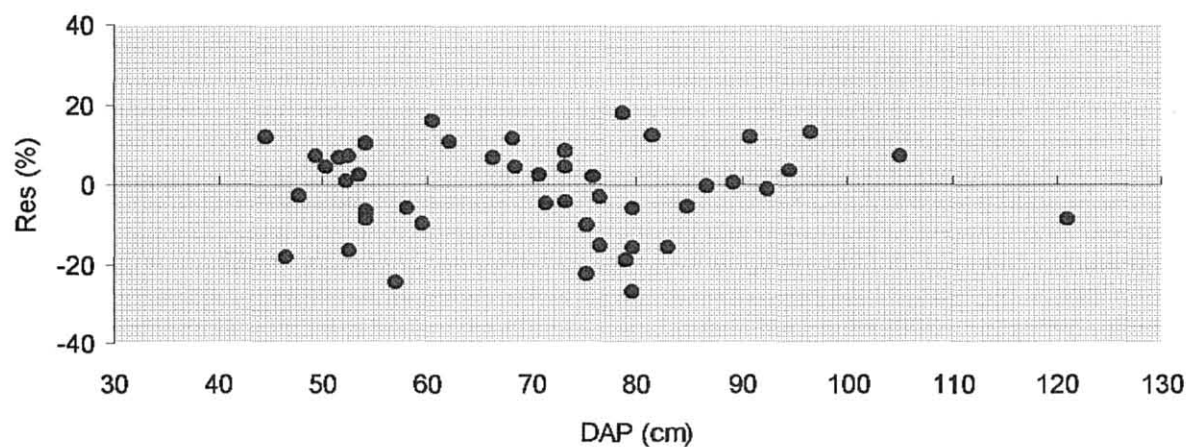


FIGURA 7D DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 11



5.2.4 Equações de volume para a espécie Jutai-açu (*Hymenaea courbaril* L.)

Na tabela 8 estão listados os resultados da determinação dos coeficientes dos modelos matemáticos para a estimativa do volume da espécie jutai-açu. Verifica-se que todos os modelos apresentaram elevados valores do Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2), variando entre 0,947 e 0,979, com exceção do modelo 6, com $R_a^2 = 0,816$.

No que diz respeito ao Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{yx}\%$), os 4 (quatro) melhores modelos foram: Modelo de Meyer (8,989%), modelo de Prodan (9,326%), modelo de Meyer-modificado (9,430%) e o modelo de Schumacher-Hall (9,485%).

Através das figuras 8A, 8B, 8C e 8D pode-se observar a representação gráfica residual dos modelos citados anteriormente. A análise mostra que os modelos 13 e 14 fazem estimativas tendenciosas, enquanto que os modelos 17 e 15 apresentam distribuições residuais mais homogêneas.

Assim sendo, optou-se pelo modelo de Prodan (17) como o mais apropriado para a estimativa volumétrica desta espécie.

TABELA 8 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA JUTAÍ-AÇU (*Hymenaea courbaril* L.)

Modelo	Coeficientes						R _a ²	S _{YX}	S _{YX} %	"F"
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅				
13	99,175946	-2,31174	0,013115	0,086708	-0,000434	-3,72275	0,979	1,307	8,989	184,906
17	0,00005366	2,58136997	-0,06713122	0,97835709	-0,10265650		0,972	1,356	9,326	645,7514
14	-3,772794	-0,153087	0,002669	0,008309	-0,000054		0,976	1,371	9,430	209,514
15	0,00049608	1,97841031	0,37283804				0,971	1,379	9,485	1139,498
12	-4,539506	0,002282	-0,000043	0,00012	0,000189		0,975	1,381	9,498	206,445
11	-9,830342	0,001916	-0,000012	0,216536			0,974	1,384	9,519	273,447
9	-0,62641386	0,04642022	-0,00272251				0,969	1,422	9,780	1070,021
8	0,00052509	2,30158860	-0,00294363				0,968	1,437	9,884	1048,985
4	0,0093707	1,6796626	-31,1679747				0,968	1,440	9,904	1043,952
3	0,00170282	1,98091559					0,968	1,443	9,925	1626,839
1	-0,040611	0,001559					0,968	1,472	10,124	721,401
2	-0,870666	0,018762	0,001461				0,968	1,502	10,331	346,439
7	-35,701843	949,308044	0,420159				0,968	1,506	10,358	344,469
16	0,00017764	0,90816594					0,952	1,759	12,098	1084,923
5	-12,786057	0,293566					0,953	1,782	12,256	484,311
18	15368,4932	25,3671					0,948	1,828	12,573	1008,975
10	0,822827	0,000052					0,947	1,891	13,006	427,361
6	37,487048	-1956,86239					0,816	3,516	24,183	106,584

FIGURA 8A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTÁI-AÇU COM O MODELO 13

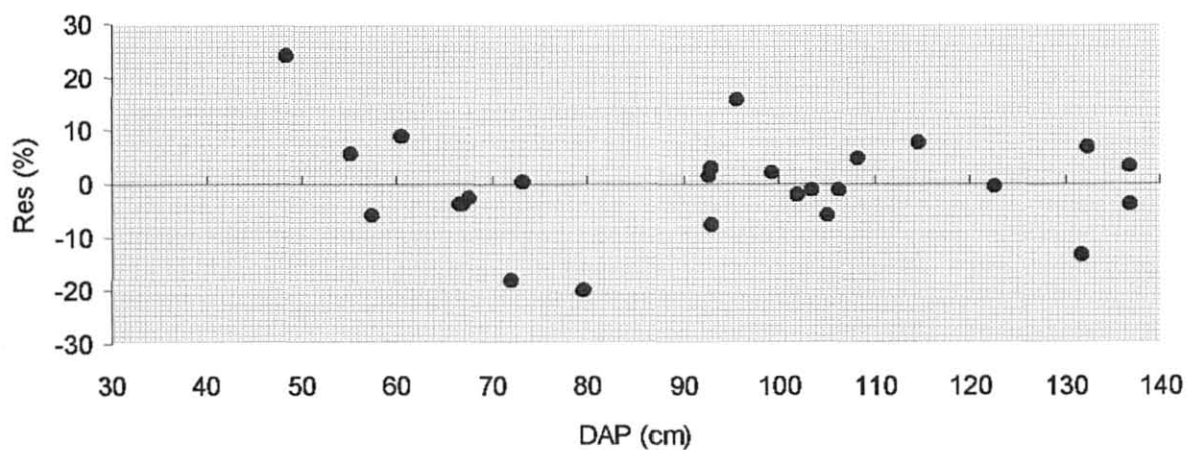


FIGURA 8B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTÁI-AÇU COM O MODELO 17

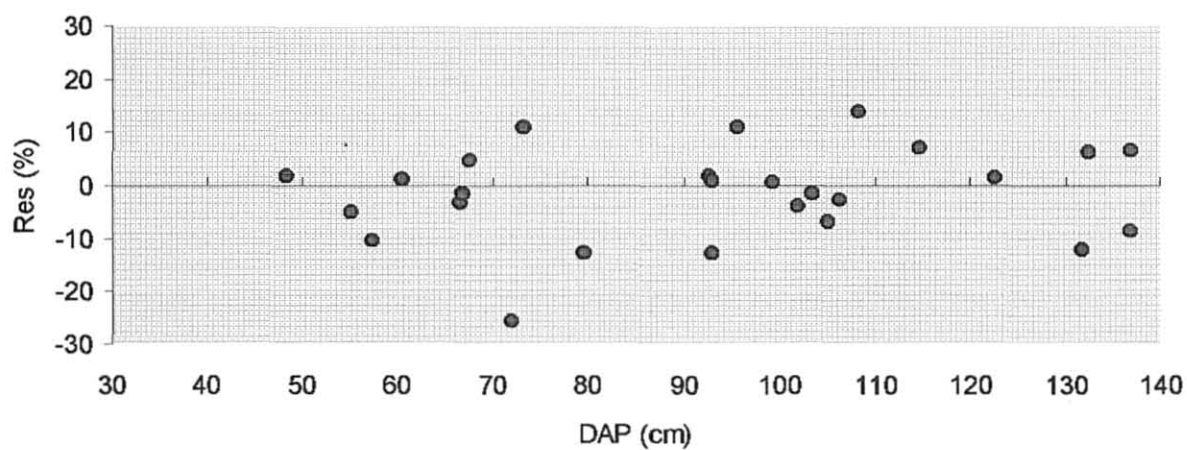


FIGURA 8C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTÁI-AÇU COM O MODELO 14

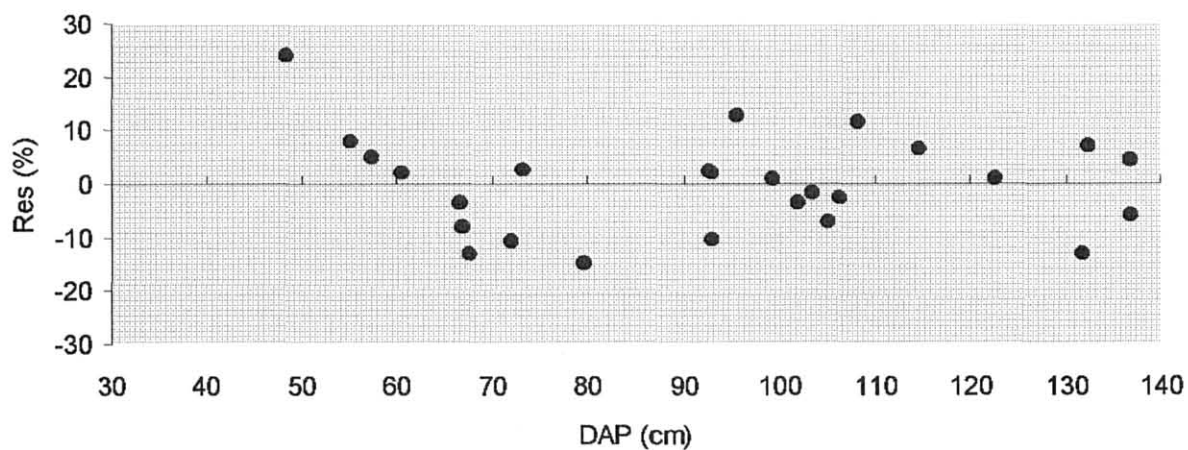
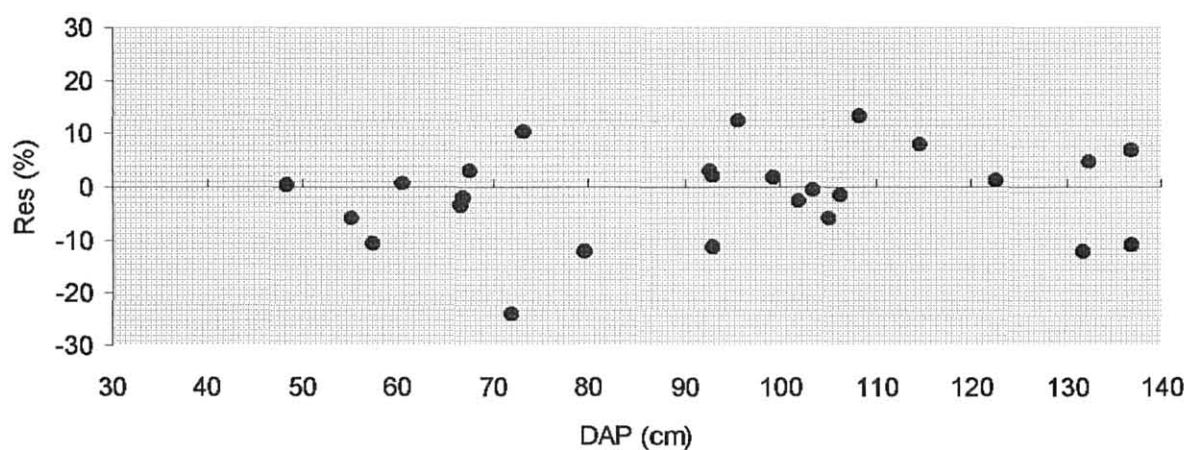


FIGURA 8D DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTÁI-AÇU COM O MODELO 15



5.2.5 Equações de volume para a espécie Maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke)

Os resultados da determinação dos coeficientes dos modelos matemáticos, apresentados na tabela 9, mostram que os modelos 13, 17, 15, 11 e 12 apresentaram os maiores valores do Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2).

Em relação ao Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{YX}\%$), os 4 (quatro) melhores modelos foram: 13, 17, 14 e 15 em ordem crescente .

A distribuição gráfica dos resíduos, mostrada nas figuras 9A; 9B; 9C e 9D, permitiu a análise dos 4 melhores modelos e revelou que esses se comportaram de forma ligeiramente tendenciosa na estimativa do volume. Assim sendo, optou-se pelo modelo de Meyer(13) como sendo o mais apropriado para a espécie maçaranduba.

TABELA 9 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA MAÇARANDUBA (*Manilkara huberi* Ducke)

Modelo	Coeficientes						R_a^2	S_{YX}	$S_{YX}\%$	"F"
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5				
13	11,6731	-0,390299	0,003487	0,027142	-0,000178	-0,813541	0,861	0,936	15,145	63,230
17	0,00007586	2,68251268	-0,12318505	0,78556923	-0,03396194		0,847	0,937	15,161	518,188
14	-3,020779	0,011468	0,000817	0,005129	-0,000033		0,858	0,937	15,165	78,539
15	0,00105660	1,61072238	0,58155931				0,845	0,942	15,240	886,979
11	-3,026475	0,000947	-3,24076E-6	0,216326			0,852	0,948	15,328	101,813
12	-1,249872	0,001164	-0,000019	0,000035	0,004741		0,853	0,953	15,416	75,5797
16	0,00121513	0,73611873					0,834	0,976	15,784	1261,458
10	1,557014	0,000041					0,817	1,036	16,757	244,902
18	9991,85814	107,74463					0,785	1,106	17,889	967,1258
9	-2,08467993	0,07870740	-0,00443626				0,743	1,215	19,658	526,1327
8	0,00000682	3,59095122	-0,02347138				0,740	1,223	19,777	519,4748
4	1,0210476	0,6763595	-82,5620611				0,736	1,232	19,935	511,1380
5	-4,854083	0,149182					0,737	1,241	20,081	153,838
2	-6,962294	0,206493	0,000377				0,738	1,250	20,213	76,0523
7	-2,090534	-98,972327	0,130547				0,737	1,251	20,241	75,7668
3	0,00406757	1,69853027					0,726	1,254	20,288	752,7610
1	0,728459	0,000964					0,721	1,279	20,684	141,833
6	16,764184	-756,232276					0,708	1,307	21,147	133,306

FIGURA 9A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 13

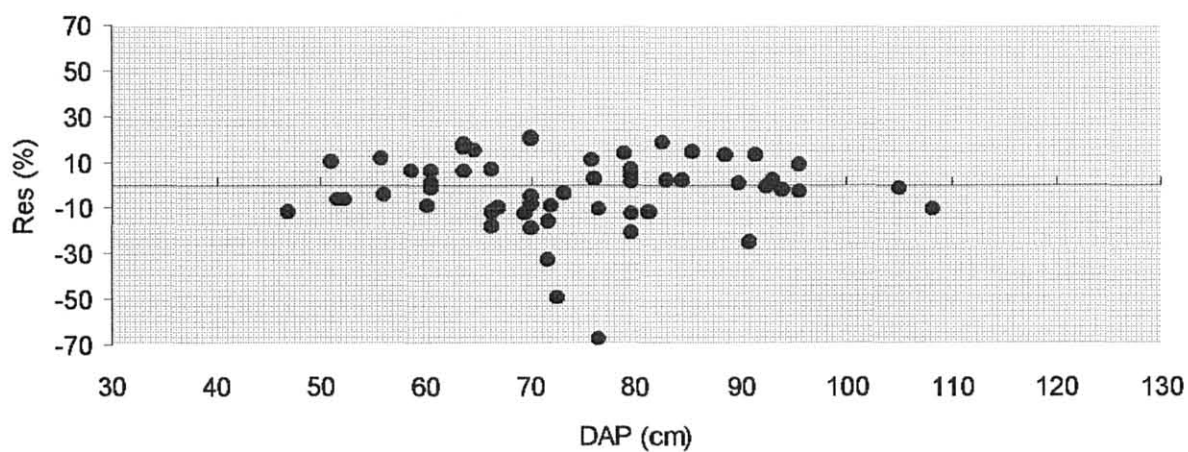


FIGURA 9B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 17

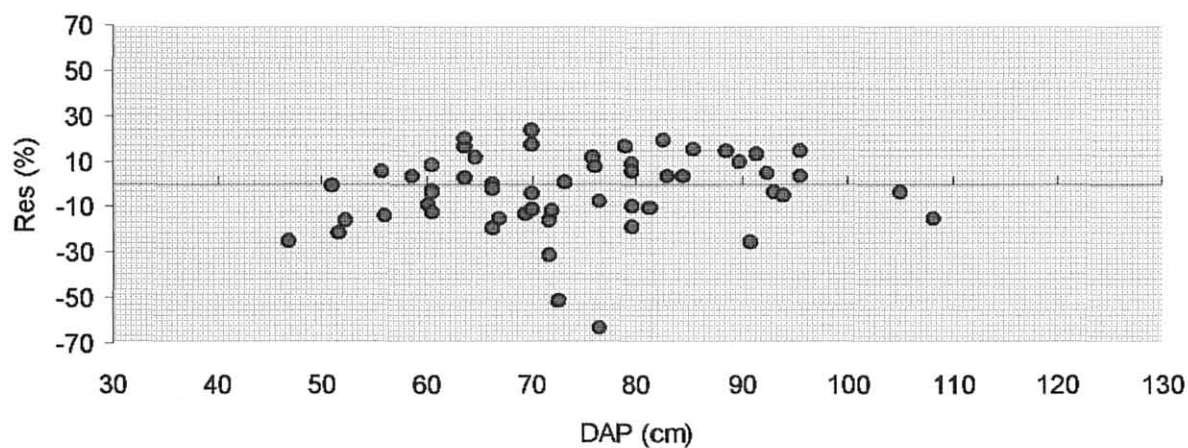


FIGURA 9C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 14

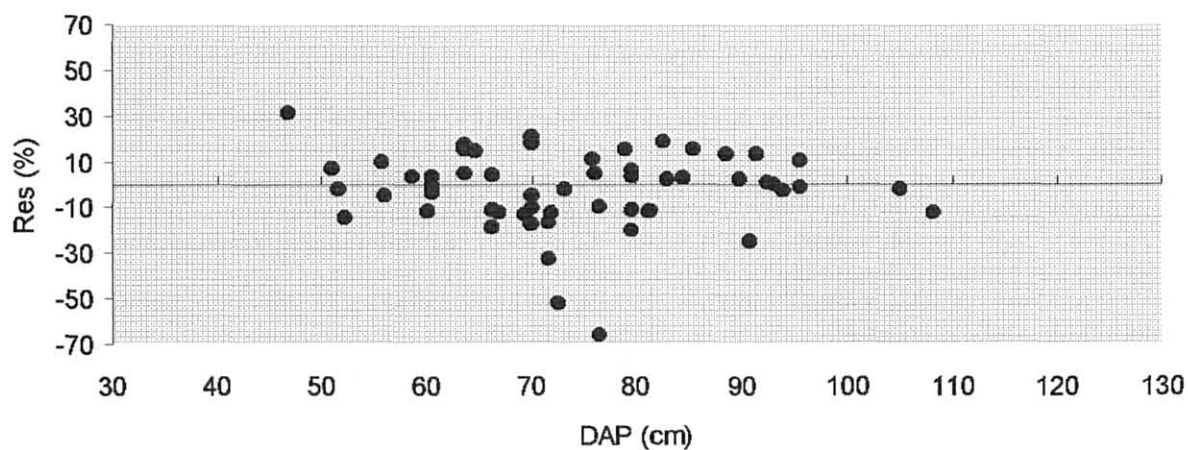
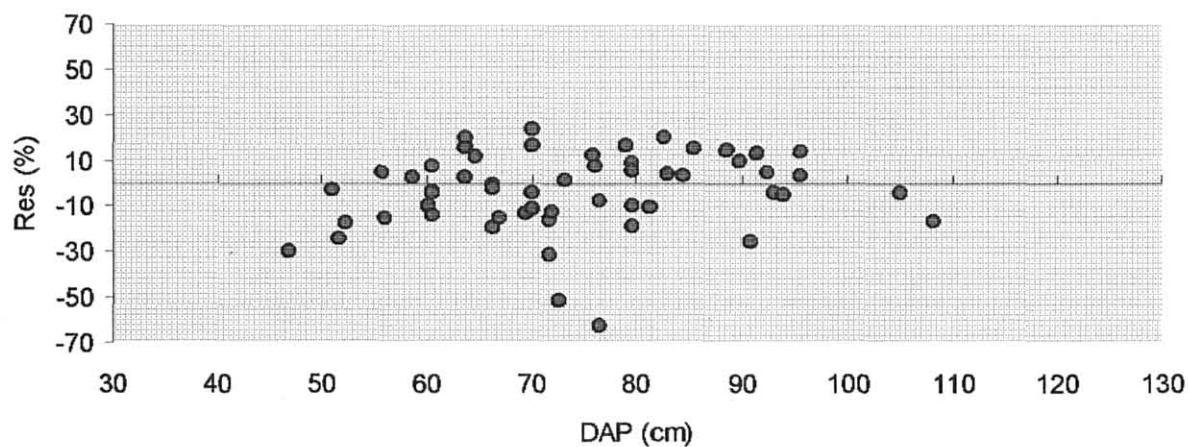


FIGURA 9D DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 15



5.2.6 Equações de volume para a espécie Tachi Vermelho (*Sclerolobium chrysophyllum* P. et)

Os resultados do ajustamento dos modelos matemáticos para as estimativas volumétricas são mostrados na tabela 10. Esta tabela permite destacar os modelos 13; 14; 17; 15; 16; 11; 12; 18; 10, que apresentaram Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2) superior a 0,913.

Em termos do Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{yx}\%$), os modelos 13; 14; 17; 15 e 16 mostraram-se mais precisos, apresentando valores de 8,630%; 9,040%; 10,080%; 10,744% e 10,877%, respectivamente.

A distribuição gráfica dos resíduos observada nas figuras 10A; 10B; 10C e 10D, mostrou que os modelos 17 e 15 estimam os volumes de forma tendenciosa.

As representações gráficas e indicadores de ajuste mostram que o modelo 14 é o mais apropriado para a estimativa volumétrica da espécie tachi vermelho.

TABELA 10 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA TACHI VERMELHO (*Sclerolobium chrysophyllum* P. Et)

Modelo	Coeficientes						R_a^2	S_{YX}	$S_{YX}\%$	"F"
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5				
13	15,315724	-0,448316	0,003412	0,039485	-0,000237	-1,335193	0,963	0,442	8,630	234,141
14	-8,37632	0,206202	-0,000987	0,002885	7,165396E-6		0,958	0,463	9,040	265,491
17	0,00001108	2,89227375	-0,14970182	1,74065557	-0,18464261		0,944	0,516	10,080	1078,278
15	0,00075499	1,60064022	0,70781646				0,936	0,550	10,744	1644,271
16	0,00077043	0,77576916					0,934	0,557	10,877	2455,679
11	-2,420369	0,000713	6,903243E-6	0,194329			0,930	0,595	11,610	208,218
12	-0,366136	0,000687	-9,76441E-7	0,00008	0,001197		0,926	0,618	12,066	143,967
18	9312,52976	104,01679					0,917	0,625	12,205	1942,886
10	1,120997	0,000046					0,913	0,649	12,673	514,705
9	-1,88556742	0,07002705	0,00415972				0,789	1,001	19,539	487,3627
8	0,00002019	3,21391833	-0,01789068				0,789	1,001	19,546	486,9580
4	0,3803587	0,8518809	-74,3414505				0,788	1,004	19,606	483,9547
5	-4,577586	0,136328					0,789	1,012	19,767	182,712
3	0,00234841	1,79699028					0,781	1,018	19,889	719,1580
2	-4,792742	0,142298	-0,00004				0,789	1,023	19,971	89,5008
7	-4,937932	12,695855	0,138789				0,789	1,023	19,972	89,4978
1	0,393197	0,000899					0,779	1,035	20,220	172,446
6	14,922364	-671,575735					0,752	1,096	21,396	148,769

FIGURA 10A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 13

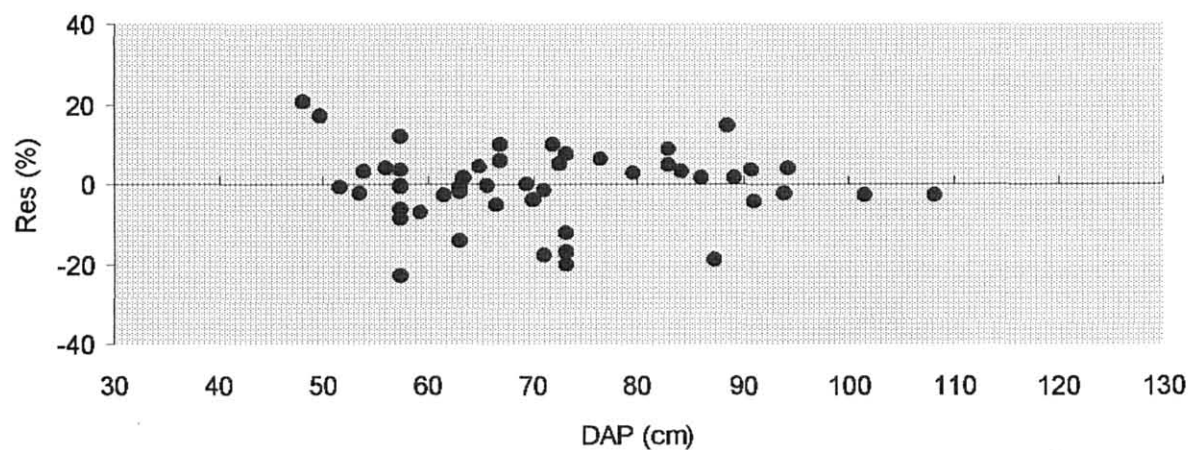


FIGURA 10B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 14

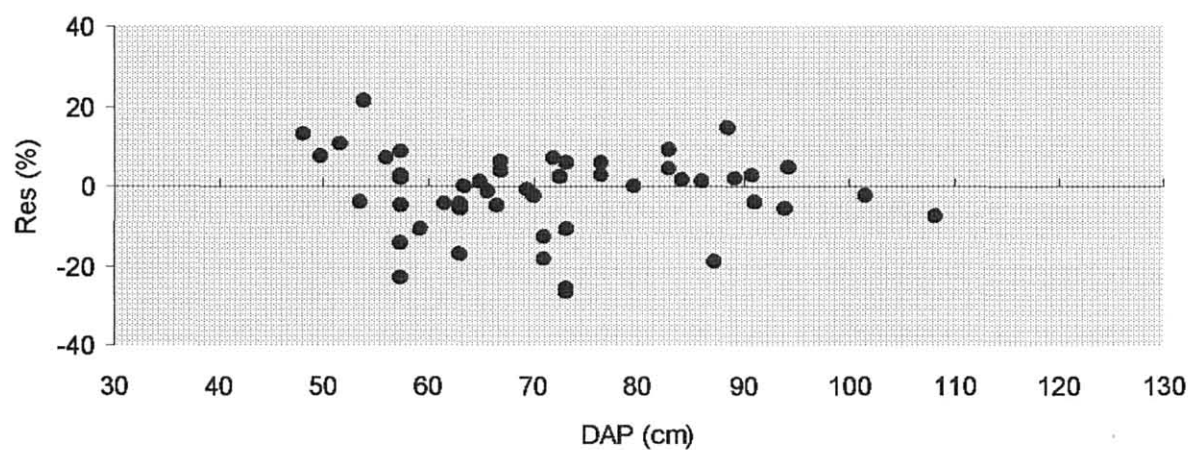


FIGURA 10C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 17

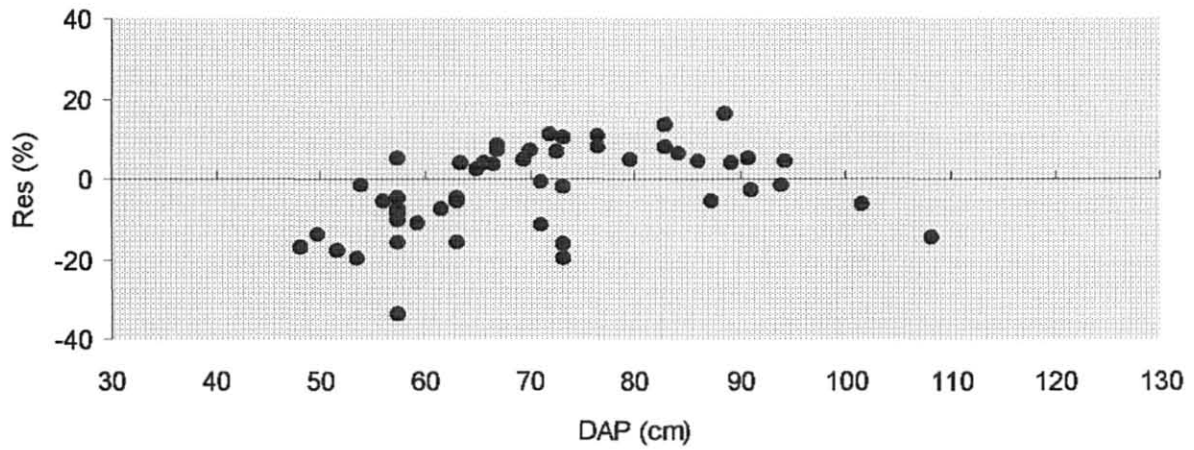
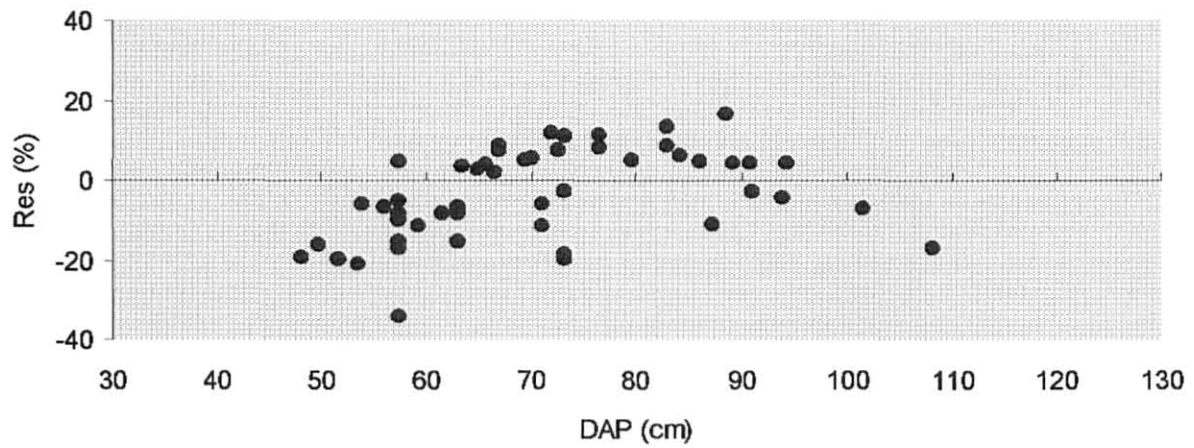


FIGURA 10D DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 15



5.2.7 Equações de volume para a espécie Ucuuba da terra firme (*Virola melinonii* A.C. Smith)

A tabela 11 mostra os resultados dos ajustamentos dos modelos matemáticos para a estimativa volumétrica da espécie ucuuba da terra firme.

Observou-se que, em termos de Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2), os 9 modelos de dupla entrada alcançaram valores superiores ou iguais a 0,93.

No que se refere ao Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{yx}\%$), os quatro melhores modelos foram os modelos 15, 17, 11 e 12, com valores de 7,247%; 7,355%; 7,442% e 7,522%, respectivamente.

Nas figuras 11A, 11B, 11C e 11D são mostradas as distribuições gráficas dos resíduos volumétricos.

As representações gráficas percentuais mostram que os modelos 15, 17, 11 e 12 estimam os volumes de forma homogênea, ou seja, sem tendenciosidade.

Deste modo pode-se afirmar que o modelo 15 é o modelo mais apropriado para estimar o volume da espécie ucuuba da terra firme.

TABELA 11 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA UCUUBA DA TERRA FIRME (*Virola melinonii* (Ben)A.C. Smith)

Modelo	Coeficientes						R _a ²	S _{yx}	S _{yx} %	"F"
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅				
15	0,00008073	2,11188534	0,73148519				0,948	0,282	7,347	2024,905
17	0,00003990	2,46184365	-0,04228848	0,71930636	0,00213076		0,948	0,283	7,355	1128,861
11	2,090579	-0,000273	0,000074	-0,116447			0,952	0,286	7,442	184,741
12	1,138393	-0,000187	0,000061	0,000055	-0,005032		0,953	0,289	7,522	135,744
14	0,224926	0,06357	-0,000812	-0,003957	0,000107		0,945	0,290	7,566	134,091
13	-4,369345	0,22539	0,002219	0,012252	0,000179	0,236848	0,952	0,296	7,702	103,531
18	19758,0678	-31,5355					0,928	0,331	8,607	2260,713
16	0,00009534	0,95284969					0,929	0,331	8,613	2281,193
10	0,239326	0,000053					0,930	0,333	8,669	399,067
9	-2,47399990	0,09391516	-0,00507919				0,771	0,593	15,419	452,3260
4	0,0136294	1,5469025	-35,8978697				0,771	0,593	15,428	451,7670
8	0,00009403	2,76930796	-0,01047629				0,771	0,593	15,430	451,6510
3	0,00082836	2,08366397					0,769	0,596	15,512	693,1230
5	-4,555969	0,147191					0,771	0,603	15,675	101,233
1	-0,33488	0,001263					0,770	0,604	15,709	100,673
7	-8,220631	103,059088	0,179241				0,772	0,611	15,906	49,2268
2	-2,806789	0,085925	0,000528				0,772	0,611	15,907	49,2167
6	11,983579	-456,979238					0,740	0,643	16,716	85,4053

FIGURA 11A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 15

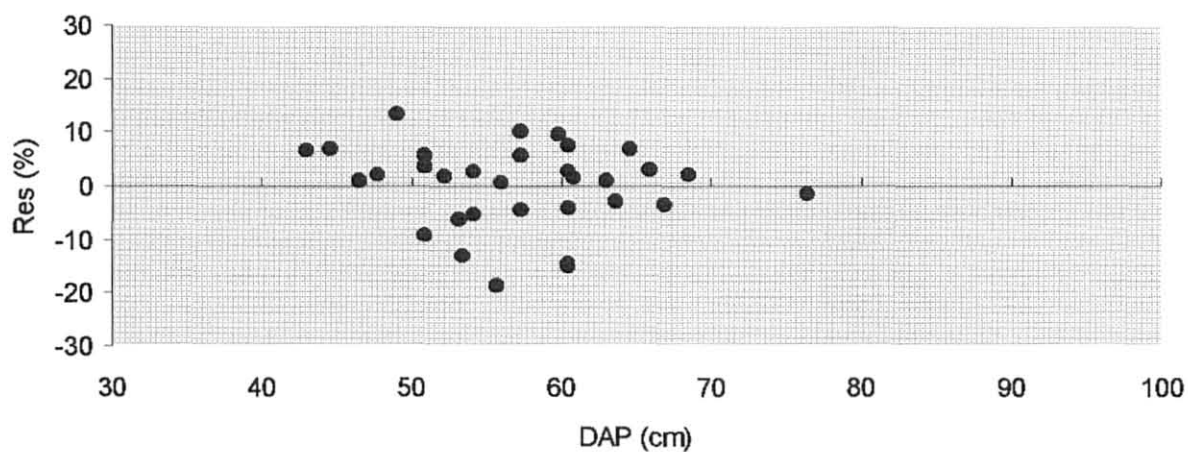


FIGURA 11B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 17

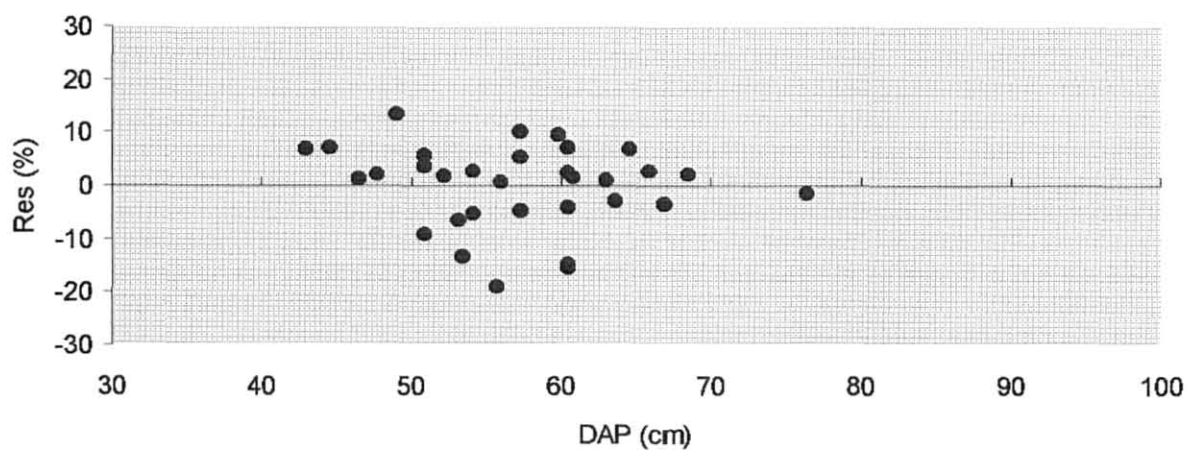


FIGURA 11C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 11

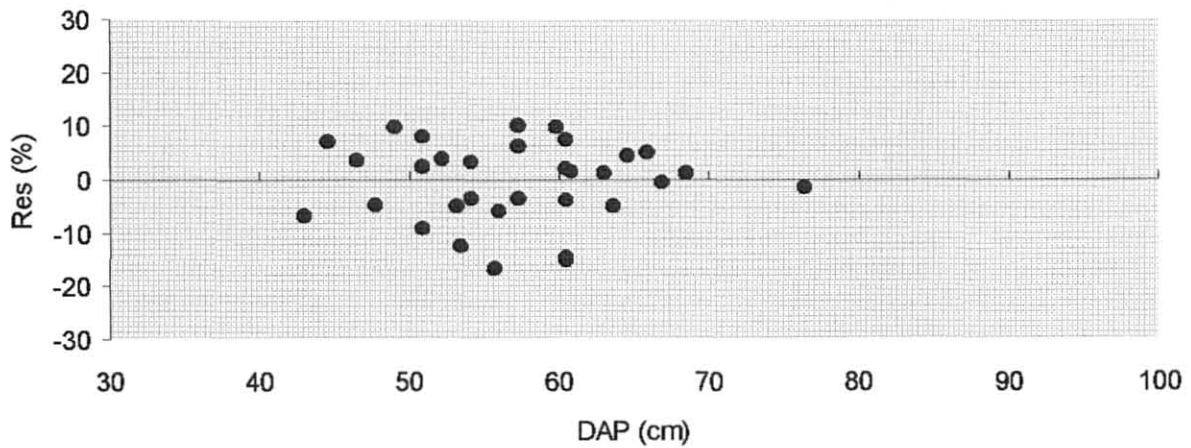
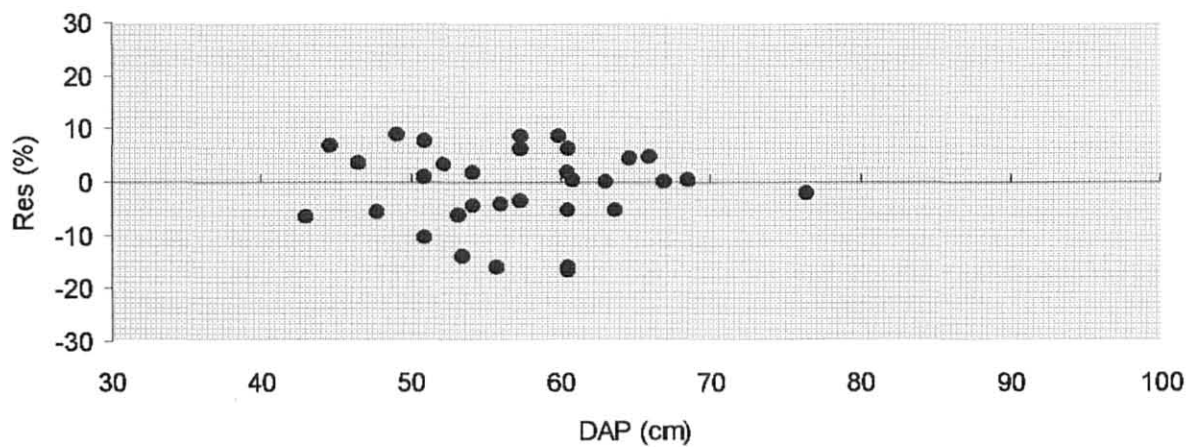


FIGURA 11D DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 12



5.2.8 Equações de volume para a floresta como um todo

A tabela 12 mostra os resultados do ajustamento dos modelos para as estimativas volumétricas para floresta como um todo, tentando detectar uma equação genérica.

Observa-se através desta tabela que os modelos 17, 15, 11, 14, 12 e 13 apresentaram Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2) com valor igual a 0,964.

Os quatro melhores modelos, no que diz respeito ao Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{yx}\%$), foram os seguintes: Modelo de Prodan (12,085%), modelo de Schumacher-Hall (12,091%), Stoate (12,130%) e Meyer (12,137%).

Nas figuras 12A, 12B, 12C e 12D, pode-se observar as distribuições gráficas dos resíduos dos quatro melhores modelos e verifica-se que há tendenciosidade nas estimativas volumétricas. Desta forma pode-se optar tanto pelo modelo de Prodan, como pelo modelo de Schumacher-Hall como a melhor equação de volume para a floresta como um todo.

TABELA 12 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DOS MODELOS PARA ESTIMATIVA DO VOLUME PARA A FLORESTA

Modelo	Coeficientes						R_a^2	S_{YX}	$S_{YX}\%$	"F"
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5				
17	0,00004025	2,49045476	-0,05779603	0,74413972	0,00859926		0,964	0,633	12,085	12336,83
15	0,00011674	1,97542836	0,79634846				0,964	0,633	12,091	20604,08
11	-0,042522	0,000227	0,000045	0,005582			0,964	0,635	12,130	5762,23
14	-0,097406	0,001472	0,000218	0,000151	0,000044		0,964	0,636	12,137	4317,00
12	0,040392	0,000202	0,000047	-5,69E-06	0,00027		0,964	0,636	12,140	4314,49
13	0,942383	-0,027276	0,000407	0,001722	0,000033	-0,057352	0,964	0,636	12,143	3450,33
10	0,336665	0,000054					0,958	0,681	13,001	14963,90
16	0,00010495	0,94791529					0,958	0,681	13,002	26721,71
18	17112,5931	7,4461					0,956	0,699	13,343	25035,90
9	-1,33197132	0,05389153	-0,00300691				0,827	1,387	26,487	4122,01
8	0,00013079	2,59135933	-0,00569392				0,826	1,391	26,564	4096,83
4	0,011672	1,582284	-42,0260862				0,825	1,393	26,598	4085,48
1	-0,351721	0,001152					0,825	1,395	26,644	3067,32
2	-0,796	0,012066	0,001075				0,825	1,396	26,658	1532,33
7	-20,291192	467,647013	0,269591				0,825	1,397	26,672	1530,38
3	0,00081071	2,06771907					0,824	1,397	26,677	6097,21
5	-6,744379	0,177288					0,806	1,468	28,023	2710,62
6	17,612067	-791,805288					0,679	1,888	36,059	1379,67

FIGURA 12A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A FLORESTA COM O MODELO 17

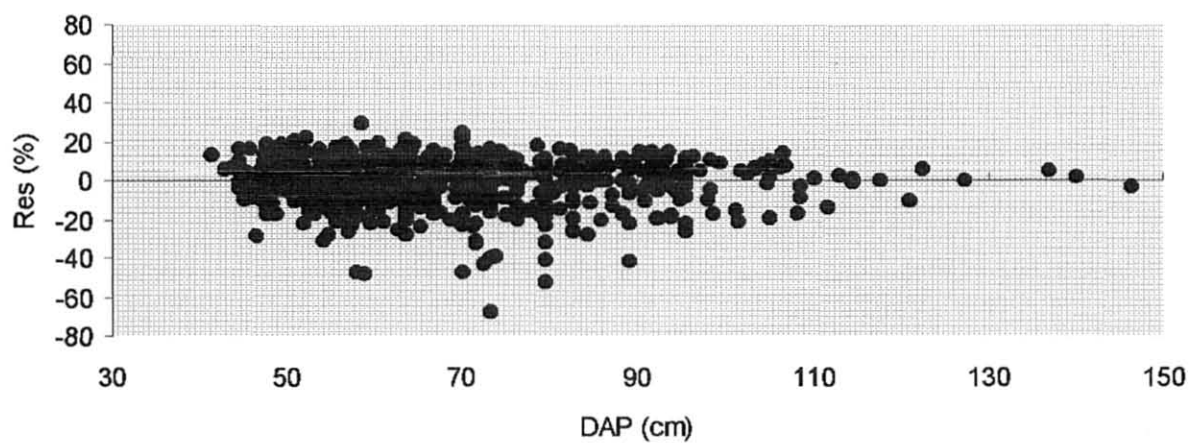


FIGURA 12B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A FLORESTA COM O MODELO 15

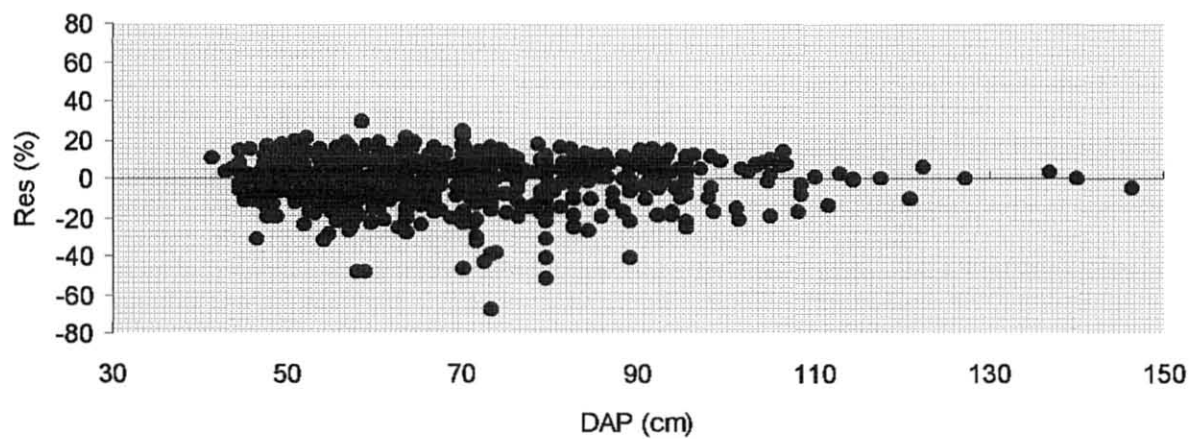


FIGURA 12C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A FLORESTA COM O MODELO 11

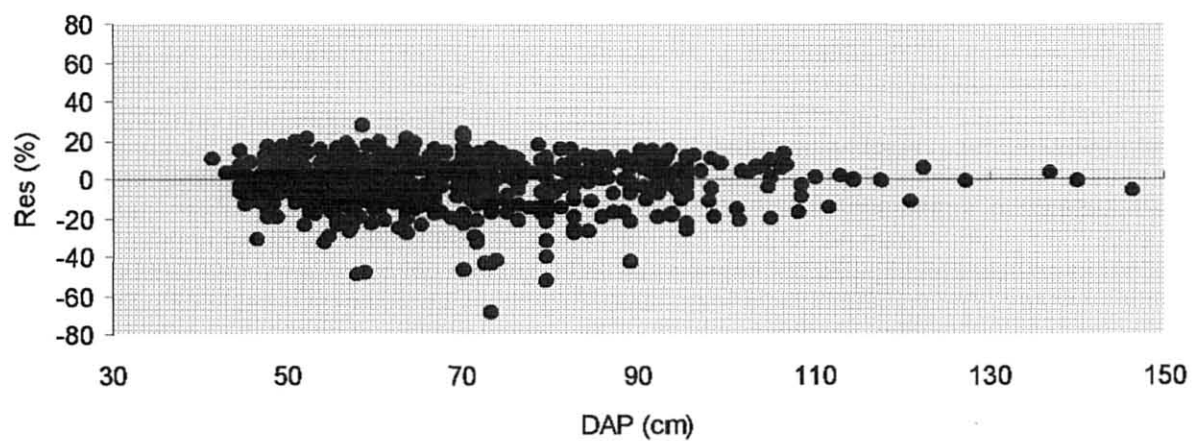
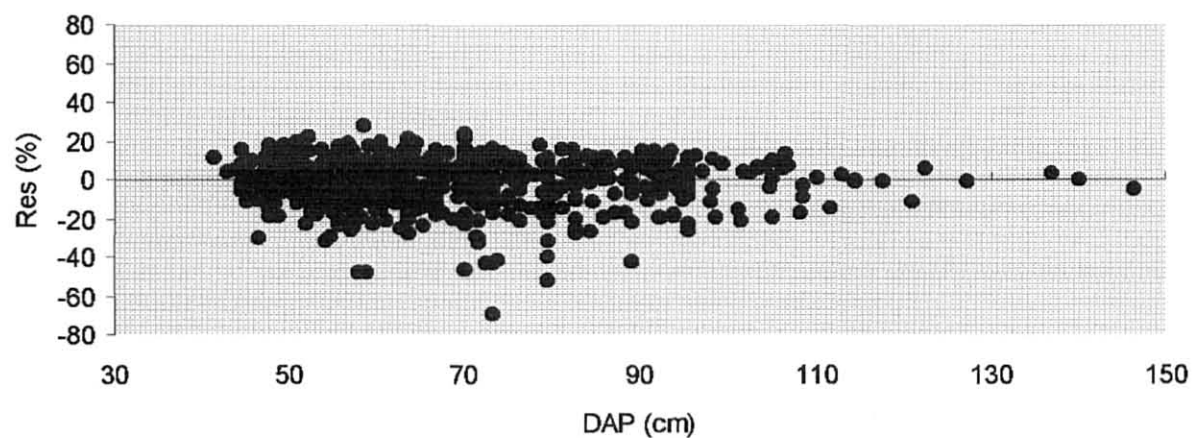


FIGURA 12D DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS VOLUMÉTRICOS PARA A FLORESTA COM O MODELO 14



5.3 EQUAÇÕES DE AFILAMENTO

5.3.1 Equações de afilamento para a espécie *Abiurana* (*Pouteria* sp e *Syzygiopsis* sp)

Os resultados da determinação dos coeficientes das equações de afilamento e seus respectivos indicadores de ajuste para a *Abiurana* encontram-se na tabela 13. Observa-se que os modelos 5B, 4B, 5A e 9B, apresentaram os valores do Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2) de 0,92; 0,91; 0,91 e 0,90, respectivamente.

Os modelos 5B, 4B e 5A revelaram-se mais eficientes no que se refere ao Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{YX}\%$), cujos valores em ordem crescente serão citados a seguir: 8,63%; 8,94% e 9,13%.

As representações gráficas destes modelos são mostradas nas figuras 13A, 13B e 13C. Constata-se, portanto, que os referidos modelos não apresentam tendenciosidade nas estimativas.

Assim sendo, pode-se afirmar que o modelo 5B é o mais apropriado para representar a equação de afilamento.

TABELA 13 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA ABIURANA (*Pouteria* sp e *Syzygiopsis* sp)

Modelo	Coeficientes						R _a ²	S _{YX}	S _{YX} %	"F"
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅				
5B	1,55757598	,96105158	,11484340	-,06849100			0,92	5,13	8,63	18870,80
4B	1,09830291	,12033212					0,91	5,30	8,94	35302,40
5A	1,80804206	,95974063	,39644078	-,75183647			0,91	5,42	9,13	16881,70
9B	-,01999025	,07133307					0,90	5,69	9,59	30042,70
10B	12,6821810						0,89	5,77	9,72	57533,90
11B	,07865671						0,89	5,77	9,72	57534,40
3A	,79107999	,24202489	2,61293047				0,89	5,90	9,93	18971,20
1	1,04508755	-,987918989	,572461762				0,89	5,93	9,98	18790,90
2	,629629526	-,987911124	,572454460				0,89	5,92	9,98	18790,70
9A	-,01829623	,35574836					0,89	5,93	9,99	28227,70
10A	2,55789360						0,88	6,03	10,15	54531,20
11A	,39110461						0,88	6,03	10,15	54531,20
4A	1,00867672	,40687633					0,89	6,03	10,16	27271,50
3B	2,59471811	-1,5978626	-,20186467				0,88	6,11	10,28	17686,80
6A	6,88335061	1,27417873	,01980574	-1,8240108	7,92723825		0,86	6,72	11,33	8711,70
8B	74,4726519	,1189531					0,12	16,69	28,12	3335,90
8A	68,4730248	,3991053					0,10	16,91	28,48	3246,70
7A	70,5399737						0,09	16,96	28,57	6461,00
7B	122,911074						0,00	24,55	41,35	2460,60

FIGURA 13A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 5B

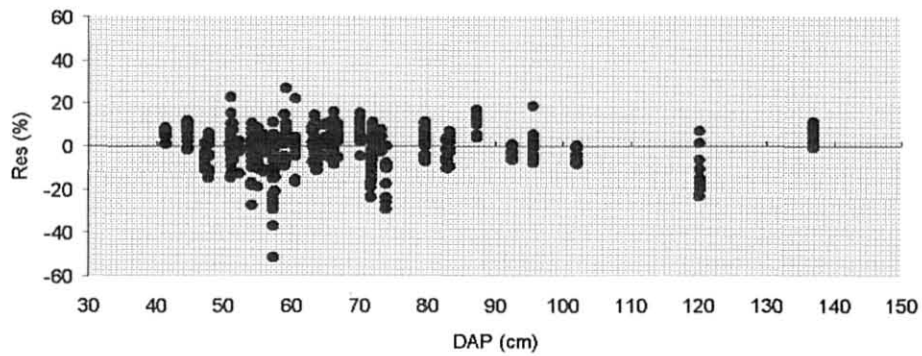


FIGURA 13B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 4B

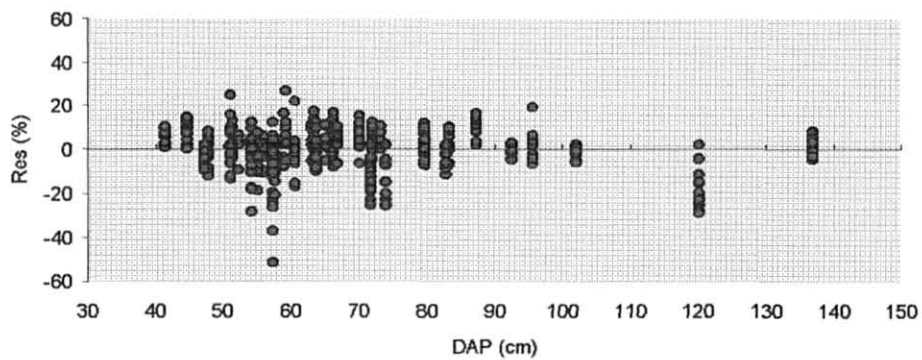
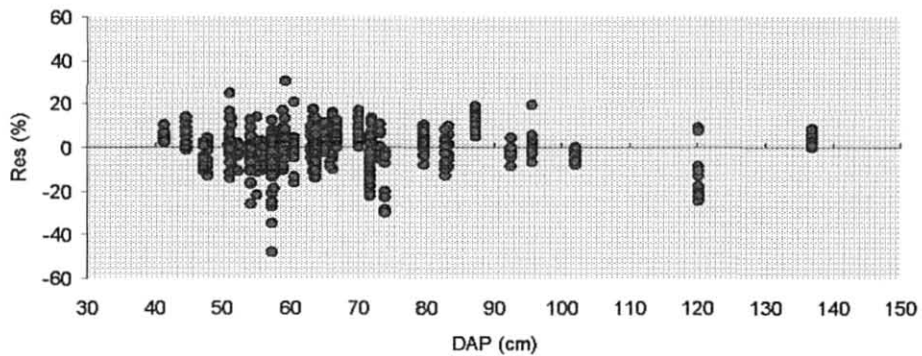


FIGURA 13C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ABIURANA COM O MODELO 5A



5.3.2 Equações de afilamento para a espécie Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.)

A tabela 14 mostra os resultados do ajustamento dos modelos matemáticos para as equações de afilamento. Pode-se observar que os modelos 5B, 4B, e 5A apresentam os maiores valores do Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2).

A mesma tabela permite verificar que estes mesmos modelos apresentaram os mais baixos valores do Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{yx}\%$), com valores de 8,12% para o modelo 5B; 8,16% para o modelo 4B e 8,18 para o modelo 5A.

As representações gráficas dos resíduos dos melhores modelos são mostradas nas figuras 14A, 14B e 14C. As distribuições possibilitam afirmar que o modelo 5B apresenta uma estimativa mais homogênea.

Com base nos resultados optou-se pelo modelo 5B como o mais apropriado, por apresentar maior R_a^2 (0,89), menor $S_{yx}\%$ (8,12%) e uma distribuição gráfica balanceada.

TABELA 14 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA ANDIROBA (*Carapa guianensis* AUBL.)

Modelo	Coeficientes						R _a ²	S _{YX}	S _{YX} %	"F"
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅				
5B	1,28546569	,98160450	,11994739	-,02803762			0,89	4,49	8,12	57681,60
4B	1,10342286	,12171980					0,89	4,52	8,16	99999,00
5A	1,50416017	,98100474	,43542231	-,67496874			0,89	4,53	8,18	56774,70
9A	-,01517955	,36918140					0,87	4,76	8,60	99999,00
3A	,77033322	,25640512	1,81190795				0,87	4,78	8,63	67925,90
1	1,04382556	-,872385756	,419765759				0,87	4,78	8,64	67796,80
2	,591205669	-,872386522	,419766270				0,87	4,78	8,64	67796,80
4A	1,02070163	,43885791					0,87	4,79	8,66	99999,00
10A	2,50766521						0,87	4,82	8,71	99999,00
11A	,39637710						0,87	4,82	8,72	99999,00
3B	2,35777400	-1,3485844	-,25716393				0,87	4,85	8,76	65876,70
9B	-,02007618	,07063279					0,86	4,96	8,96	92795,20
10B	12,8114881						0,85	5,04	9,11	99999,00
11B	,07804031						0,85	5,04	9,11	99999,00
6A	7,18901802	1,24211620	,02312833	-1,7124887	6,86922635		0,85	5,25	9,49	33623,00
8A	64,5119666	,4370628					0,17	12,17	21,99	15110,40
7A	65,7925237						0,17	12,20	22,05	30077,60
8B	68,1053116	,1094016					0,15	12,33	22,28	14700,70
7B	113,205454						0,00	20,96	37,89	7832,50

FIGURA 14A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 5B

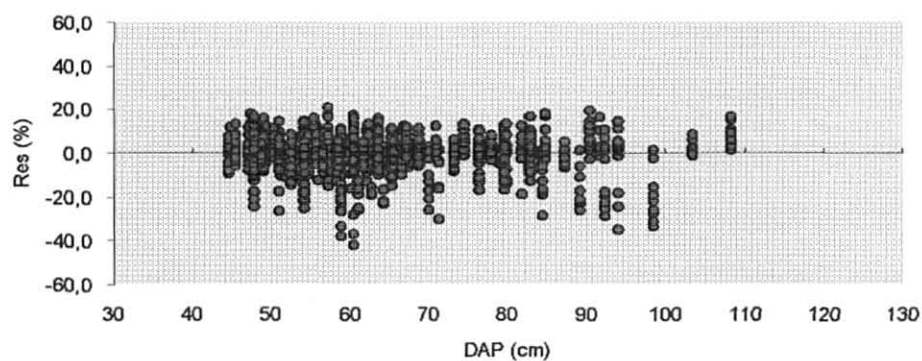


FIGURA 14B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 4B

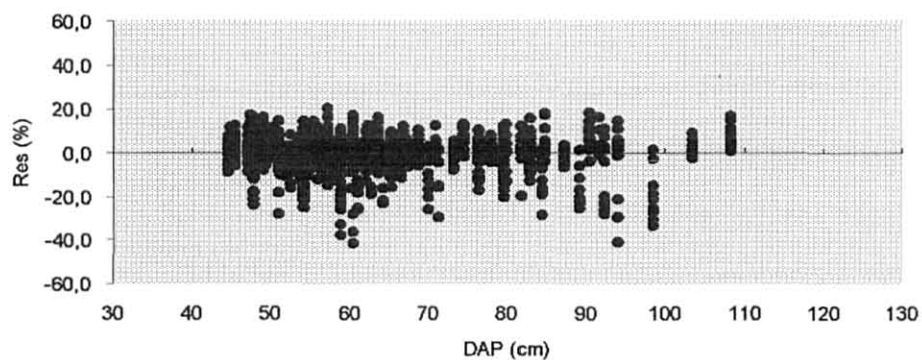
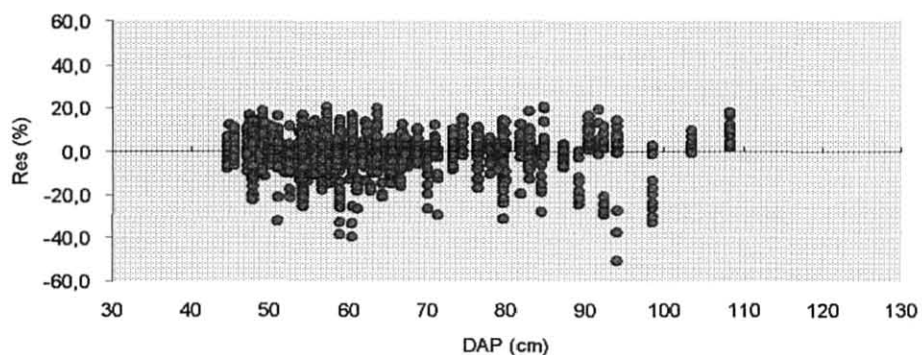


FIGURA 14C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE ANDIROBA COM O MODELO 5A



5.3.3 Equações de afilamento para a espécie Jarana (*Holopyxidium jarana* Ducke)

Os resultados do ajustamento dos modelos matemáticos são mostrados na tabela 15. Observa-se que 14 modelos apresentaram altos valores de Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2), ou seja, maiores ou iguais a 0,90.

Em relação ao Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{YX}\%$), a mesma tabela mostra também que 14 modelos apresentaram valores inferiores a 10% , destacando-se os mais baixos valores para os modelos 5B (8,49%), 4B (8,61%) e 5A (8,83%).

A representação gráfica dos resíduos percentuais para os modelos 5B, 4B e 5A, mostrada nas figuras 15A, 15B e 15C, respectivamente, permite afirmar que as estimativas propiciadas pelos 3 modelos não foi tendenciosa.

Com base nas análises dos indicadores de ajuste e na análise gráfica dos resíduos, optou-se pelo modelo 5B como o mais apropriado para expressar a função de afilamento.

TABELA 15 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA JARANA (*Holopyxidium jarana* DUCKE)

Modelo	Coeficientes						R _a ²	S _{YX}	S _{YX} %	"F"
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅				
5B	1,36892154	1,01602057	,11884400	-,09537544			0,92	5,28	8,49	23823,10
4B	1,10032337	,12070813					0,92	5,36	8,61	46414,80
5A	1,64767423	1,01411763	,45783405	-,72444749			0,91	5,50	8,83	21972,70
3A	,76245530	,26524409	2,54187406				0,91	5,62	9,02	28111,70
9A	-,02043460	,41329727					0,91	5,63	9,04	42038,90
1	1,02802186	-1,03373539	,590346357				0,91	5,65	9,08	27772,40
2	,584633464	-1,03337161	,590332291				0,91	5,65	9,08	27772,20
4A	1,00306857	,46145011					0,90	5,77	9,27	40010,50
10A	2,19763885						0,90	5,77	9,27	80124,10
11A	,45513043						0,90	5,77	9,27	80124,10
9B	-,02180733	,07396943					0,90	5,78	9,29	39484,60
3B	2,61082849	-1,6217856	-,21831578				0,90	5,89	9,46	25587,60
10B	12,2390779						0,90	5,89	9,46	75365,10
11B	,08170890						0,90	5,89	9,46	75365,10
6A	4,57866747	1,28781609	,02070049	-2,4086520	5,12572013		0,87	6,58	10,57	12228,00
8A	73,4792224	,4593573					0,13	17,22	27,67	4208,50
7A	74,2427868						0,13	17,23	27,68	8424,60
8B	79,3961303	,1147122					0,12	17,30	27,80	4167,10
7B	138,379428						0,00	26,58	42,69	2681,00

FIGURA 15A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 5B

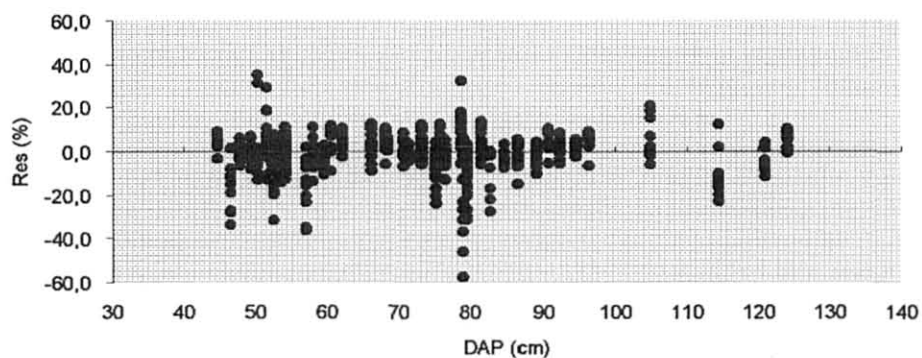


FIGURA 15B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 4B

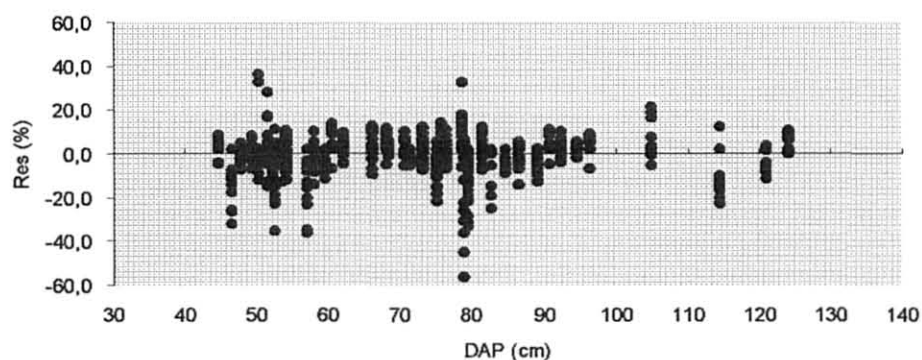
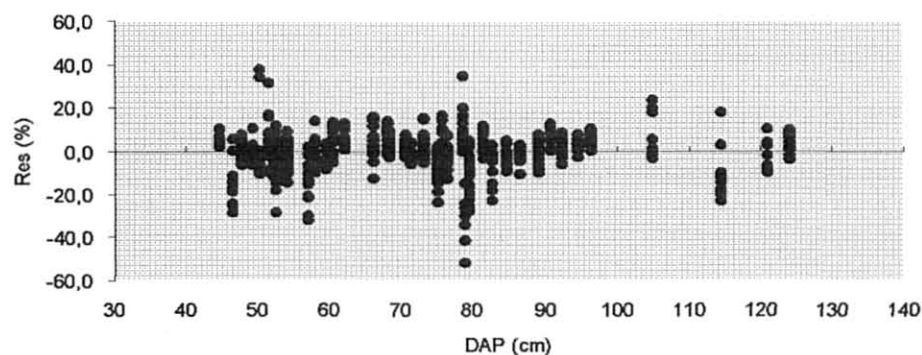


FIGURA 15C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JARANA COM O MODELO 5A



5.3.4 Equações de afilamento para a espécie Jutáí-açu (*Hymenaea courbaril* L.)

A tabela 16 mostra os coeficientes de cada modelo ajustado e seus respectivos indicadores de ajuste.

Pode-se observar que, em relação ao Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2), a maioria dos modelos alcançou valores elevados ($R_a^2 \geq 0,93$).

No que diz respeito ao Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{yx}\%$), destacam-se os modelos 5A, 5B e 9A, que apresentaram os mais baixos valores, ou seja, 6,55%; 7,01% e 7,61%, respectivamente.

Analisando as representações gráficas dos resíduos mostradas nas figuras 16A, 16B e 16C, pode-se afirmar que os 3 primeiros modelos apresentaram distribuições equilibradas.

Assim sendo, a escolha da equação de afilamento mais apropriada recaiu sobre o modelo 5A.

TABELA 16 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA JUTAÍ-AÇU (*Hymenaea courbaril* L.)

Modelo	Coeficientes						R_a^2	S_{YX}	$S_{YX}\%$	"F"
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5				
5A	2,68983086	,99975903	,49826867	-,79587235			0,96	5,38	6,55	30418,10
5B	1,75505169	1,01516172	,11556065	-,15960817			0,95	5,75	7,01	26572,30
9A	-,01135283	,45808072					0,95	6,24	7,61	45276,80
4A	1,01006794	,50279404					0,95	6,28	7,65	44774,00
10A	2,07296819						0,95	6,29	7,67	89143,60
11A	,48189005						0,95	6,30	7,67	89144,40
3A	,72492400	,28286324	1,55938545				0,95	6,30	7,68	29523,40
1	1,01070543	-,853679857	,363813274				0,95	6,31	7,69	29499,10
2	,520841127	-,853666436	,363805893				0,95	6,31	7,69	29499,10
3B	2,48679279	-1,4898645	-,25940056				0,94	6,36	7,75	29030,40
4B	1,11424158	,11816585					0,95	6,92	8,44	46602,40
6A	1,38004767	1,37786530	,02585080	-5,5853679	1,23489420		0,93	6,97	8,50	14402,60
9B	-,01060761	,07422686					0,93	7,11	8,67	34202,70
10B	12,8570804						0,93	7,13	8,69	67823,10
11B	,07780975						0,93	7,13	8,69	67823,00
8B	109,236215	,121679					0,13	25,09	30,59	2579,00
7A	98,1039394						0,12	25,19	30,71	5123,10
8A	98,3748806	,5087549					0,12	25,19	30,71	2556,30
7B	197,826205						0,00	37,54	45,77	1686,50

FIGURA 16A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTAÍ-AÇU COM O MODELO 5A

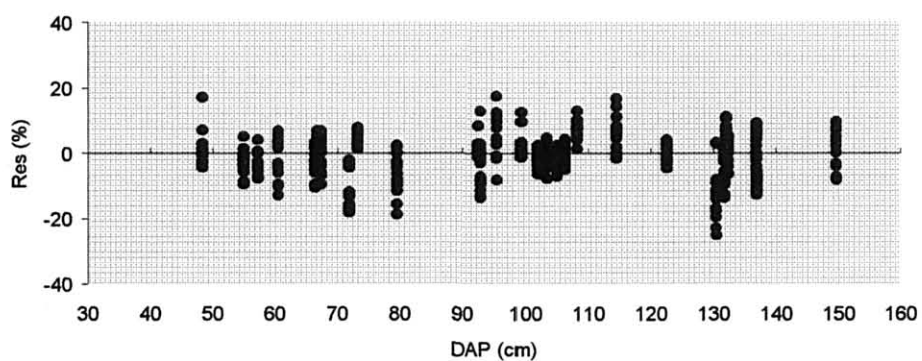


FIGURA 16B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTAÍ-AÇU COM O MODELO 5B

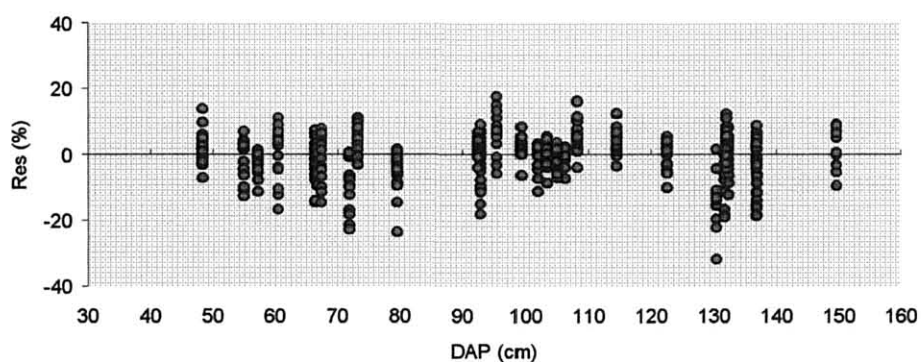
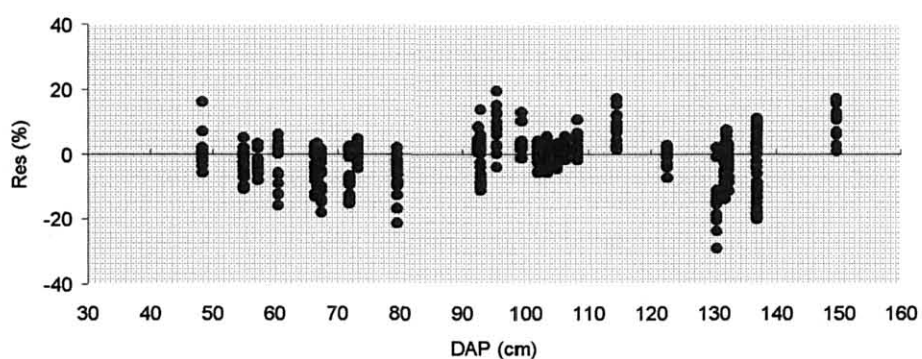


FIGURA 16C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE JUTAÍ-AÇU COM O MODELO 9A



5.3.5 Equações de afilamento para a espécie Maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke)

Os resultados do ajustamento dos modelos matemáticos encontram-se na tabela 17. Pode-se observar que os 3 melhores modelos, no que se refere ao Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2), foram os modelos 5B, 4B e 5A, com valores superiores a 0,80.

Analisando o Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{yx}\%$), os modelos que se mostraram mais precisos foram os modelos 5B(9,94%), 4B(10,24%) e 5A(10,29%).

As figuras 17A, 17B e 17C mostram as distribuições gráficas dos resíduos percentuais. Verifica-se, através da análise gráfica, que as estimativas não foram feitas de forma tendenciosa.

Deste modo optou-se pelo modelo 5B como o mais apropriado por apresentar maior valor de R_a^2 e menor $S_{yx}\%$

TABELA 17 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA MAÇARANDUBA
(*Manilkara huberi* Ducke)

Modelo	Coeficientes						R _a ²	S _{yx}	S _{yx} %	"F"
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅				
5B	1,78842038	,94909631	,11499240	-,09375754			0,82	6,40	9,94	18619,20
4B	1,09069851	,11986089					0,81	6,60	10,24	35094,00
5A	2,11397617	,94886559	,42927998	-,74847673			0,81	6,63	10,29	17339,20
9B	-,01589199	,07813227					0,79	6,91	10,74	31478,10
10B	11,8738987						0,78	6,94	10,78	61813,60
11B	,08380536						0,78	6,95	10,79	61817,90
3A	,76799687	,25395061	2,72636557				0,78	7,04	10,93	20466,00
1	1,01293344	-1,00818627	,589098588				0,78	7,08	10,99	20254,20
2	,593844318	-1,00817545	,589094082				0,78	7,08	10,99	20254,00
9A	-,01609952	,41864188					0,78	7,12	11,06	30087,30
4A	,99450866	,44045771					0,77	7,19	11,16	29479,90
10A	2,21415017						0,77	7,20	11,17	58974,80
11A	,45176771						0,77	7,20	11,17	58974,80
3B	1,53487666	-,56013747	-,52673437				0,76	7,33	11,38	18865,80
6A	12,9857878	1,0761645	,0444820	-,6209650	9,2464587		0,74	7,61	11,82	10457,20
8B	80,8673027	,1101526					0,18	13,59	21,11	8002,10
8A	75,0688264	,4309099					0,18	13,61	21,14	7977,50
7A	76,6203437						0,18	13,65	21,20	15884,10
7B	139,939053						0,00	24,87	38,62	3552,30

FIGURA 17A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 5B

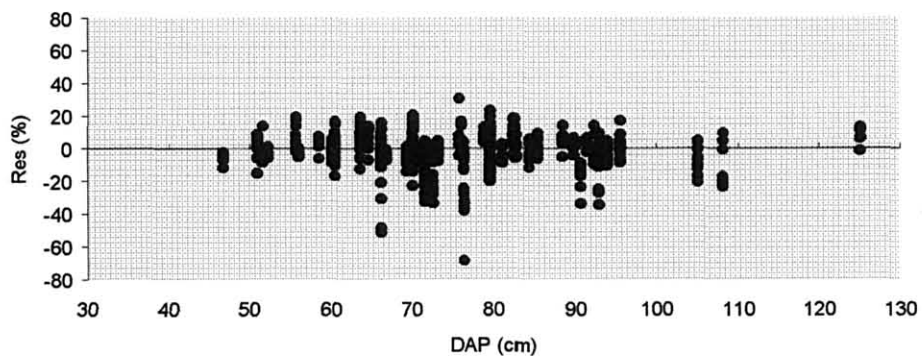


FIGURA 17B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 4B

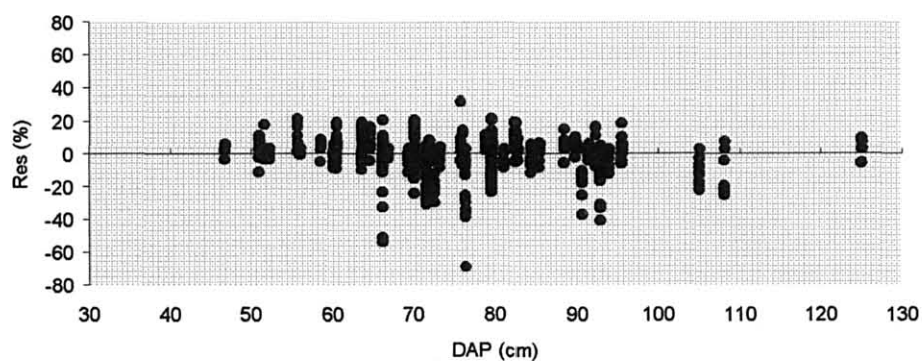
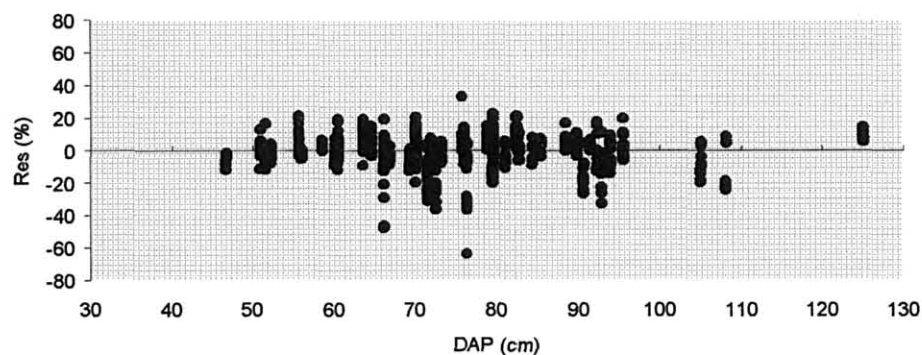


FIGURA 17C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE MAÇARANDUBA COM O MODELO 5A



5.3.6 Equações de afilamento para a espécie Tachi Vermelho (*Sclerolobium chrysophyllum* P. et)

Na tabela 18 encontram-se listados os resultados do ajustamento dos modelos matemáticos para determinação da melhor equação de afilamento.

As equações mais significativas no que diz respeito ao Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2) foram as referentes aos modelos 5B, 5A e 4B com valores de 0,90; 0,90 e 0,88, respectivamente.

No que se refere ao Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{yx}\%$), os modelos que tiveram melhor desempenho foram os modelos 5B(7,56%), 5A(7,60%) e 4B(8,51%).

As representações gráficas podem ser vistas nas figuras 18A, 18B e 18C. A análise gráfica permite afirmar que os 3 modelos apresentam pequena distorção na distribuição gráfica dos resíduos percentuais .

Assim sendo , optou-se pelo modelo 5B como o mais apropriado para expressar a equação de afilamento para a espécie tachi vermelho.

TABELA 18 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA TACHI VERMELHO
(*Sclerolobium chrysophyllum* P. Et)

Modelo	Coeficientes						R _a ²	S _{YX}	S _{YX} %	"F"
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅				
5B	2,21826354	,84564921	,11993517	-,01256299			0,90	4,91	7,56	26762,20
5A	2,60176340	,84514977	,43741169	-,65793390			0,90	4,93	7,60	26501,30
4B	1,09013505	,12172470					0,88	5,52	8,51	41892,70
6A	13,6804952	1,1028553	,0194832	-1,9221298	6,4497537		0,87	5,70	8,78	15799,70
3A	,76425382	,25638544	2,01464017				0,87	5,71	8,80	26077,60
1	1,02800429	-,919445966	,475468296				0,87	5,72	8,81	25994,50
2	,584026578	-,919436162	,475460449				0,87	5,72	8,81	25994,50
9A	-,01189923	,40255895					0,87	5,72	8,81	39042,90
10A	2,34946700						0,86	5,75	8,86	76750,00
11A	,42480351						0,86	5,76	8,87	76749,20
4A	1,00945225	,44412841					0,86	5,76	8,88	38454,50
3B	2,42474115	-1,4274757	-,24220887				0,86	5,84	9,00	24897,20
9B	-,01655242	,07741720					0,86	5,87	9,05	35917,30
10B	11,9712812						0,85	5,91	9,11	69618,90
11B	,08352029						0,85	5,91	9,11	69618,90
8B	81,0765667	,1152787					0,17	14,38	22,16	5993,00
8A	75,3602894	,4217774					0,17	14,40	22,19	5979,80
7A	77,1181261						0,16	14,45	22,26	11895,70
7B	134,716396						0,00	24,68	38,02	3149,80

FIGURA 18A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 5B

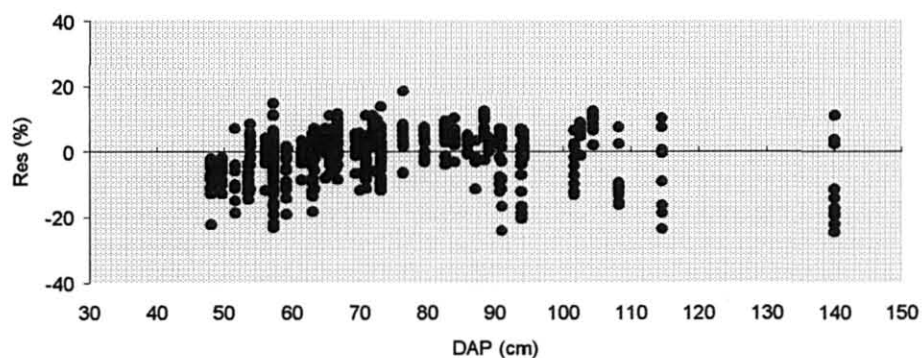


FIGURA 18B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 5A

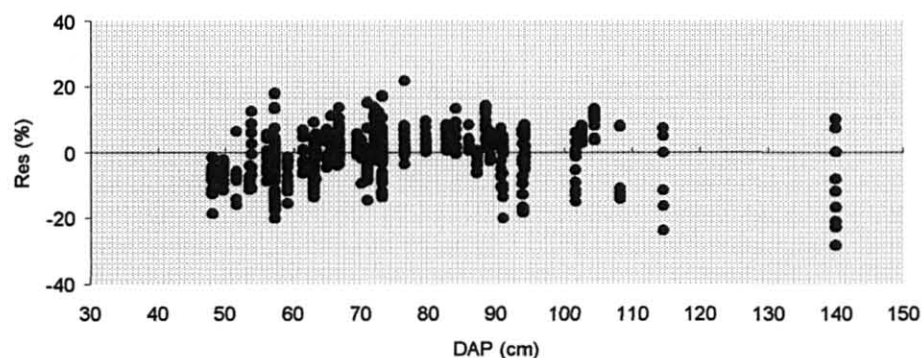
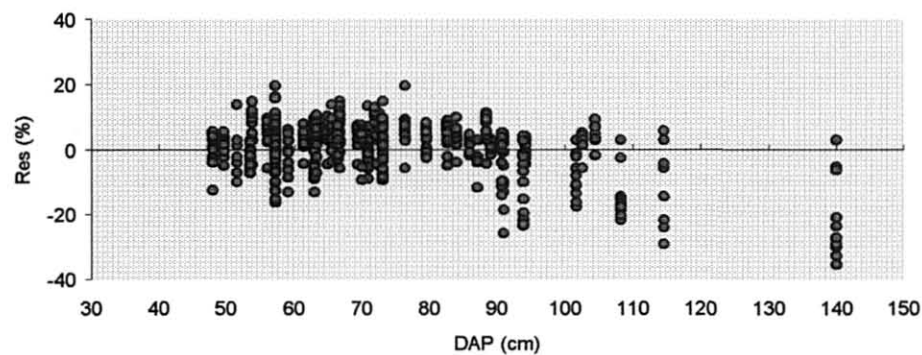


FIGURA 18C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE TACHI VERMELHO COM O MODELO 4B



5.3.7 Equações de afilamento para a espécie Ucuuba da terra firme (*Virola melinonii* A.C. Smith)

Os resultados do ajustamento dos modelos matemáticos podem ser vistos na tabela 19.

Observa-se que 9 modelos apresentaram Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2) maior ou igual a 0,87.

Da mesma forma 9 foram os modelos que apresentaram Erro Padrão da Estimativa Percentual ($S_{yx}\%$) inferior a 8%, destacando-se, no entanto, os modelos 5A, 5B e 4B, que alcançaram melhor desempenho e cujos valores foram 7,30%; 7,74% e 7,79%, respectivamente.

Nas figuras 19A, 19B e 19C são mostradas as representações gráficas dos 3 melhores modelos. A análise gráfica evidencia uma vantagem, embora pequena, para o modelo 5A.

Desta forma pode-se recomendar o modelo 5A como sendo o mais apropriado para expressar a forma da espécie Ucuuba da terra firme.

TABELA 19 RESULTADOS DO AJUSTAMENTO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA UCUUBA DA TERRA FIRME (*Virola melinonii* (Ben) A.C. Smith)

Modelo	Coeficientes						R _a ²	S _{yx}	S _{yx} %	"F"
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅				
5A	1,45316276	1,01555438	,55477655	-,58048843			0,89	3,63	7,30	21927,20
5B	1,20991268	1,01510637	,13911003	-,04299098			0,87	3,85	7,74	19522,30
4B	1,13470983	,14070829					0,87	3,88	7,79	38639,90
4A	1,03234137	,56011222					0,87	3,90	7,83	38238,50
3A	,70841342	,31834136	1,49162176				0,87	3,91	7,85	25316,50
1	1,0496987	-,9523971	,40273416				0,87	3,91	7,86	25264,90
2	,500036392	-,952405134	,402741273				0,87	3,91	7,86	25264,80
9A	-,01520813	,46363579					0,87	3,94	7,91	37298,30
3B	2,39694142	-1,3807537	-,30704307				0,87	3,95	7,93	24810,90
10A	2,02371337						0,86	3,99	8,02	72305,10
11A	,49409601						0,86	3,99	8,02	72305,10
6A	3,42916127	1,25390039	,02196684	1,42880018	7,46705763		0,85	4,19	8,42	13140,20
9B	-,02137204	,08076934					0,81	4,60	9,24	26788,00
10B	11,2861464						0,81	4,67	9,37	51262,20
11B	,08834832						0,81	4,67	9,38	51263,80
8B	66,6743196	,1404727					0,36	8,65	17,37	7595,40
8A	60,6249756	,5580684					0,36	8,66	17,39	7579,30
7A	59,5955294						0,35	8,68	17,44	15098,90
7B	110,069530						0,00	17,42	35,00	2772,80

FIGURA 19A DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 5A

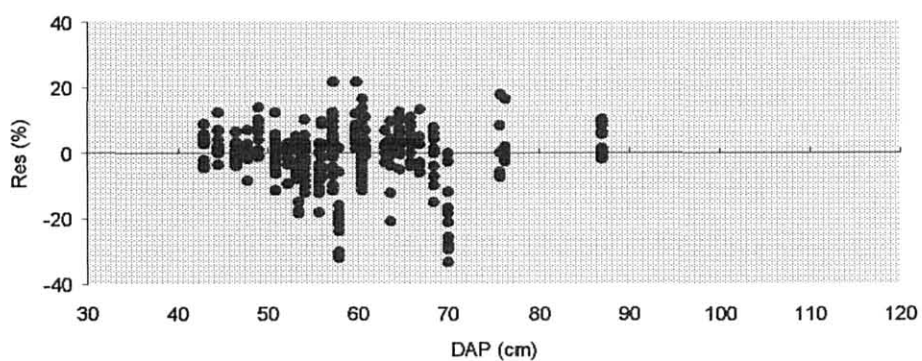


FIGURA 19B DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 5B

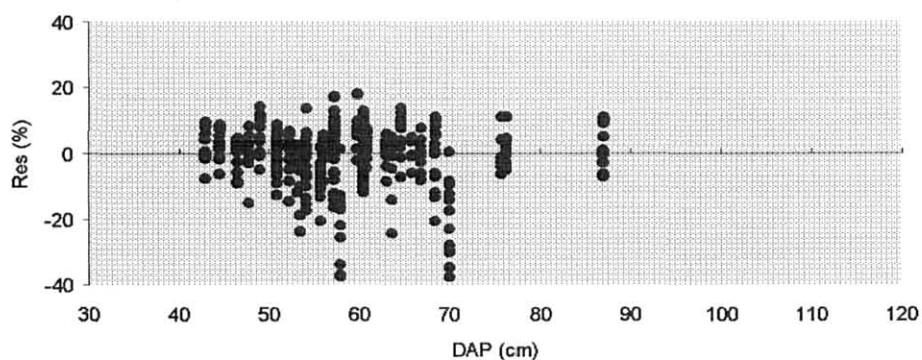
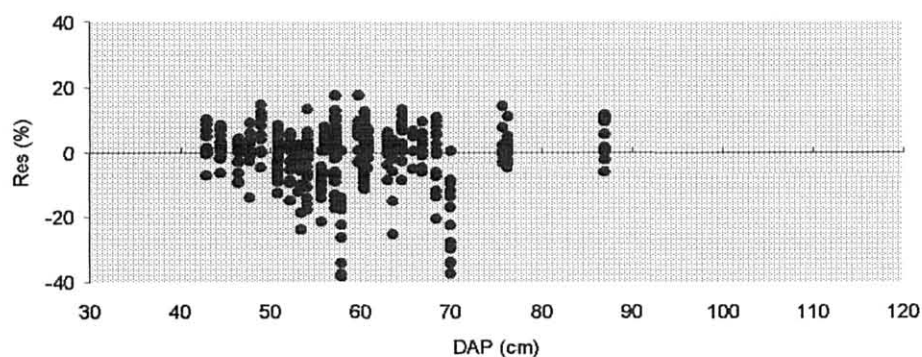


FIGURA 19C DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DIAMÉTRICOS PARA A ESPÉCIE UCUUBA TERRA FIRME COM O MODELO 4B



5.4 OBTENÇÃO DA EQUAÇÃO DE VOLUME ATRAVÉS DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO

Para estimar o volume a partir da equação de afilamento foram feitas algumas derivativas. Através da integração do quadrado da equação de afilamento foram obtidas as equações de volume.

Equação de volume derivada do modelo de afilamento 5A

$$d_i = b_0 D^{b_1} \frac{h}{(h + h_i)^{b_2}} h^{b_3}$$

$$v = z_0 D^{z_1} h^{z_2} (l_2^{z_3} - l_1^{z_3})$$

onde

v = volume estimado pelo modelo

D = diâmetro à altura do peito

h = altura total

$l_1 = h + h_{i1}$ (limite inferior do fuste)

$l_2 = h + h_{i2}$ (limite superior do fuste)

$$z_0 = \frac{\pi b_0^2}{40000(-2b_2 + 1)}$$

$$z_1 = 2b_1$$

$$z_2 = 2(b_3 + 1)$$

$$z_3 = -2b_2 + 1$$

b_0, b_1, b_2, b_3 = Coeficientes da equação de afilamento

Equação de volume derivada do modelo de afilamento 5B

$$d_i = b_0 D^{b_1} \left(\frac{1}{h_i + 1.3} \right)^{b_2} h^{b_3}$$

$$v = z_0 D^{z_1} h^{z_2} (l_2^{z_3} - l_1^{z_3})$$

onde

v = volume estimado pelo modelo

D = diâmetro à altura do peito

h = altura total

$l_1 = h_{i1} + 1,3$ (limite inferior do fuste)

$l_2 = h_{i2} + 1,3$ (limite superior do fuste)

$$z_0 = \frac{\pi b_0^2}{40000(-2b_2 + 1)}$$

$$z_1 = 2b_1$$

$$z_2 = 2b_3$$

$$z_3 = -2b_2 + 1$$

b_0, b_1, b_2, b_3 = Coeficientes da equação de afilamento

5.5 COMPARAÇÃO DAS ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS

Uma vez analisadas as equações de volume e também a determinação da melhor equação de afilamento, procedeu-se a uma análise comparativa com diversos métodos de estimativas volumétricas. Os volumes comparados resultaram do uso dos seguintes métodos:

Volume decorrente da fórmula de Smalian, denominado volume real.

Volume estimado pelas 4 melhores equações de volume da espécie em estudo.

Volume estimado pela melhor equação da floresta como um todo.

Volume estimado utilizando o fator de forma médio da espécie.

Volume estimado utilizando o fator de forma por classe diamétrica para a espécie.

Volume estimado a partir da melhor equação de afilamento.

Através dos resultados expostos na tabela 20 observa-se que, para todas as espécies estudadas, as estimativas do volume obtidas pelo uso do fator de forma por classe diamétrica mostraram-se como as melhores. A mesma tabela mostra que o uso do fator de forma médio da espécie favorece a uma estimativa volumétrica com menor precisão, tanto para mais como para menos, se comparado com o fator de forma por classe diamétrica.

Observa-se, ainda, que as equações de volume derivadas de equações de afilamento estimaram volumes com grande precisão, cujos valores ficaram muito próximos dos volumes estimados pelas equações de volume. Este método de estimativa apresenta várias vantagens, dentre as quais pode-se destacar as estimativas parciais do volume para diversos diâmetros mínimos no topo, ou entre quaisquer alturas.

TABELA 20 COMPARAÇÃO DAS ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS

Abiurana (*Pouteria* sp e *Syzygiopsis* sp) - Sapotaceae

CD	VR	V10	V13	V14	V17	VG17	VFG	VFC	V5B	R10	R13	R14	R17	RG17	RFG	RFC	R5B
45	2,1617	2,0953	2,2397	2,1695	1,9739	2,0451	2,1430	2,1985	2,0999	3,07	-3,61	-0,36	8,69	5,39	0,87	-1,70	2,86
55	2,9751	3,0406	2,9759	3,0321	2,9934	3,0280	3,1498	3,0303	3,0437	-2,20	-0,03	-1,92	-0,62	-1,78	-5,87	-1,86	-2,31
65	3,9039	3,6756	3,7424	3,7805	3,7765	3,7495	3,8263	3,9446	3,7753	5,85	4,14	3,16	3,26	3,95	1,99	-1,04	3,29
75	5,1214	4,7184	5,0893	5,1744	5,1877	5,0613	4,9370	5,0739	5,0159	7,87	0,63	-1,03	-1,29	1,17	3,60	0,93	2,06
85	7,0937	6,3495	7,0767	7,0133	6,7735	6,4653	6,6744	7,1667	6,3848	10,49	0,24	1,13	4,51	8,86	5,91	-1,03	9,99
95	6,6115	5,8784	6,5681	6,5941	6,6459	6,2653	6,1725	6,5910	6,4936	11,09	0,66	0,26	-0,52	5,24	6,64	0,31	1,78
>100	6,1816	5,8792	6,3156	6,5911	6,7498	6,3327	6,1734	6,1816	6,7599	4,89	-2,17	-6,62	-9,19	-2,44	0,13	0,00	-9,36

Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) - Meliaceae

CD	VR	V17	V15	V11	V13	VG17	VFG	VFC	V5B	R17	R15	R11	R13	RG17	RFG	RFC	R5B
45	2,0293	1,9957	2,0093	2,0167	2,0280	1,9409	1,9669	2,0431	1,9798	1,66	0,99	0,62	0,06	4,36	3,07	-0,68	2,44
55	2,7831	2,8011	2,8044	2,8239	2,7884	2,7567	2,8210	2,8351	2,7670	-0,65	-0,77	-1,47	-0,19	0,95	-1,36	-1,87	0,58
65	3,8319	3,8331	3,8243	3,8455	3,7998	3,8008	3,8890	3,8741	3,7766	-0,03	0,20	-0,36	0,84	0,81	-1,49	-1,10	1,44
75	5,6543	5,6857	5,6786	5,7315	5,6930	5,7023	5,9285	5,7660	5,6133	-0,56	-0,43	-1,36	-0,68	-0,85	-4,85	-1,97	0,73
85	7,2231	7,1813	7,1684	7,1959	7,1635	7,2692	7,5579	7,2921	7,0982	0,58	0,76	0,38	0,82	-0,64	-4,64	-0,96	1,73
>90	9,4237	9,4024	9,4363	9,5280	9,3802	9,6181	10,3284	9,6869	9,3505	0,23	-0,13	-1,11	0,46	-2,06	-9,60	-2,79	0,78

Jarana (*Holopyxidium jarana* Ducke) Lecythidaceae

CD	VR	V17	V15	V13	V11	VG17	VFG	VFC	V5B	R17	R15	R13	R11	RG17	RFG	RFC	R5B
45	2,4225	2,4981	2,5434	2,4673	2,4002	2,4878	2,4785	2,4156	2,4631	-3,12	-4,99	-1,85	0,92	-2,69	-2,31	0,29	-1,68
55	3,2426	3,3961	3,4289	3,3097	3,3609	3,3985	3,4018	3,2865	3,3426	-4,73	-5,75	-2,07	-3,65	-4,81	-4,91	-1,35	-3,08
65	5,4778	4,9765	4,9733	4,8539	4,9627	4,9479	4,9308	5,5509	4,8759	9,15	9,21	11,39	9,40	9,67	9,98	-1,33	10,99
75	6,5016	6,7808	6,7630	6,7610	6,8299	6,7350	6,7384	6,6224	6,6635	-4,30	-4,02	-3,99	-5,05	-3,59	-3,64	-1,86	-2,49
85	9,1881	9,1919	9,1955	9,2396	9,2495	9,4444	9,7560	9,2417	9,1800	-0,04	-0,08	-0,56	-0,67	-2,79	-6,18	-0,58	0,09
95	11,3281	10,3641	10,3224	10,6342	10,4764	10,2251	10,2466	11,3353	10,2353	8,51	8,88	6,13	7,52	9,74	9,55	-0,06	9,65
>100	15,6123	15,6960	15,7786	15,6555	15,8578	15,7340	16,171	15,9812	15,8173	-0,54	-1,07	-0,28	-1,57	-0,78	-3,58	-2,36	-1,31

Jutaí-açu (*Hymenaea courbaril* L.) Caesalpiniaceae

CD	VR	V13	V17	V14	V15	VG17	VFG	VFC	V5A	R13	R17	R14	R15	RG17	RFG	RFC	R5A
45	3,7053	2,8133	3,6350	2,8149	3,6993	3,4457	3,6227	3,7053	3,6331	24,07	1,90	24,03	0,16	7,01	2,23	0,00	1,95
55	4,5651	4,5768	4,9182	4,2651	4,9460	4,6197	4,8140	4,5667	4,8701	-0,26	-7,73	6,57	-8,34	-1,20	-5,45	-0,03	-6,68
65	6,9510	7,0065	6,9216	7,3812	6,9837	6,8569	7,3671	6,9782	6,9316	-0,80	0,42	-6,19	-0,47	1,35	-5,99	-0,39	0,28
75	8,3324	9,2915	8,8853	8,9125	8,8609	8,4523	8,8905	8,3043	8,7906	-11,51	-6,64	-6,96	-6,34	-1,44	-6,70	0,34	-5,50
95	13,8965	13,3973	13,7609	13,5940	13,5913	12,5042	12,9000	13,8880	13,5004	3,59	0,98	2,18	2,20	10,02	7,17	0,06	2,85
>100	22,0822	22,1098	21,9747	22,0409	22,0047	20,7103	22,1871	22,4008	22,0423	-0,13	0,49	0,19	0,35	6,21	-0,48	-1,44	0,18

TABELA 20 COMPARAÇÃO DAS ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS (CONTINUAÇÃO)

Maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke) Sapotaceae

CD	VR	V13	V17	V14	V15	VG17	VFG	VFC	V5B	R13	R17	R14	R15	RG17	RFG	RFC	R5B
45	1,5723	1,7526	1,9601	1,0827	2,0434	1,4375	1,3388	1,5723	1,7085	-11,47	-24,67	31,14	-29,97	8,57	14,85	0,00	-8,67
55	3,3265	3,2284	3,5086	3,3070	3,5535	3,1130	3,1076	3,3191	3,2055	2,95	-5,47	0,59	-6,82	6,42	6,58	0,22	3,64
65	4,6789	4,6103	4,6575	4,6737	4,6723	4,3923	4,4267	4,7568	4,4187	1,47	0,46	0,11	0,14	6,13	5,39	-1,67	5,56
75	6,1455	6,4442	6,3175	6,4251	6,3076	6,4256	6,5727	6,2803	6,2721	-4,86	-2,80	-4,55	-2,64	-4,56	-6,95	-2,19	-2,06
85	8,2525	7,6681	7,4890	7,6297	7,4786	7,8596	7,9272	8,2982	7,6808	7,08	9,25	7,55	9,38	4,76	3,94	-0,55	6,93
95	9,1539	9,1204	9,0429	9,1075	9,0663	10,0106	10,3412	9,4675	9,5986	0,37	1,21	0,51	0,96	-9,36	-12,97	-3,43	-4,86
>100	10,2878	10,8649	11,2376	11,0280	11,3377	13,1491	13,5236	10,3232	12,4874	-5,61	-9,23	-7,19	-10,21	-27,81	-31,45	-0,34	-21,38

Tachi Vermelho (*Sclerolobium chrysophyllum* P. et) Caesalpiniaceae

CD	VR	V13	V14	V17	V15	VG17	VFG	VFC	V5B	R13	R14	R17	R15	RG17	RFG	RFC	R5B
45	2,5656	2,0854	2,3044	2,9574	3,0207	2,5556	2,6869	2,5652	2,8842	18,72	10,18	-15,27	-17,74	0,39	-4,73	0,02	-12,42
55	2,9998	3,0506	3,0239	3,3054	3,3421	2,9420	3,0102	3,0421	3,1889	-1,69	-0,80	-10,19	-11,41	1,93	-0,35	-1,41	-6,30
65	4,3926	4,3939	4,4735	4,3397	4,3568	4,0966	4,2258	4,4364	4,2306	-0,03	-1,84	1,20	0,81	6,74	3,80	-1,00	3,69
75	5,3427	5,4168	5,5386	5,2055	5,2191	5,1304	5,2639	5,3820	5,1094	-1,39	-3,67	2,57	2,31	3,97	1,48	-0,74	4,37
85	6,9379	6,6273	6,6456	6,3372	6,3636	6,5646	6,7026	6,9148	6,3369	4,48	4,21	8,66	8,28	5,38	3,39	0,33	8,66
95	8,3969	8,3554	8,3989	8,2474	8,3061	9,0517	9,5637	8,5304	8,8481	0,49	-0,02	1,78	1,08	-7,80	-13,89	-1,59	-5,37
>100	9,3201	9,5795	9,7840	10,3290	10,4729	12,0121	12,7630	9,4034	10,7436	-2,78	-4,98	-10,83	-12,37	-28,88	-36,94	-0,89	-15,27

Ucuuba da terra firme (*Virola melinonii* (Ben)A.C. Smith) Myristicaceae

CD	VR	V15	V17	V11	V12	VG17	VFG	VFC	V5A	R15	R17	R11	R12	RG17	RFG	RFC	R5A
45	2,3042	2,1617	2,1573	2,2440	2,2527	2,1806	2,1510	2,3135	2,1619	6,18	6,38	2,61	2,23	5,36	6,65	-0,41	6,17
55	3,4763	3,4946	3,4986	3,4806	3,5001	3,5277	3,5835	3,5050	3,4467	-0,53	-0,64	-0,12	-0,68	-1,48	-3,08	-0,82	0,85
65	4,6551	4,6746	4,6837	4,6858	4,7223	4,6503	4,7024	4,6725	4,5585	-0,42	-0,62	-0,66	-1,44	0,10	-1,02	-0,37	2,07
>70	6,9512	7,0467	7,0488	7,0582	7,0927	6,8768	6,9159	6,9512	6,7663	-1,37	-1,40	-1,54	-2,03	1,07	0,51	0,00	2,66

- CD** Classe Diamétrica
VR Volume real
V13 Volume estimado pelo modelo 13
V17 Volume estimado pelo modelo 17
VG17 Volume estimado pela equação da floresta como um todo
VFG Volume estimado utilizando o fator de forma média da espécie
VFC Volume estimado utilizando o fator de forma por classe diamétrica para a espécie
V5B Volume estimado a partir da melhor equação de afilamento para a espécie
R13 Resíduos volumétricos

6 CONCLUSÃO

6.1 SOBRE O FATOR DE FORMA

No que se refere ao fator de forma absoluto, houve, em média, uma variação de 0,62 a 0,79 para as espécies estudadas. Considerando o total de árvores cubadas o fator de forma absoluto médio foi de 0,75.

Em diversos inventários florestais na Amazônia tem-se utilizado o fator de forma de 0,7, conclui-se que, dependendo da espécie, o uso deste fator de forma pode proporcionar um erro de 12,85% para menos ou de 10,96% para mais, por ocasião das estimativas volumétricas.

6.2 SOBRE AS EQUAÇÕES DE VOLUME

Através das análises estatísticas e de distribuições residuais apresentadas nas tabelas de número 5 a 12 e nas figuras de número 5A a 12C, conclui-se que não existe uma única equação de volume que atenda de modo satisfatório a todas as espécies.

Dentre todos os modelos testados o modelo 13(Meyer) foi melhor para as espécies Abiurana e Maçaranduba; o modelo 14(Meyer modificada) estimou o volume da espécie Tachi Vermelho com maior precisão, entretanto a equação que melhor estimou o volume da espécie Ucuuba da Terra Firme foi ajustada através do modelo 15(Schumacher-Hall); por sua vez o modelo 17(Prodan) foi melhor para as espécies Andiroba, Jarana, Jutai-açu, e também para a floresta como um todo.

6.3 SOBRE AS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO

Conclui-se que, dentre todos os modelos de afilamento estudados nesta pesquisa os modelos 5a e 5b se mostraram mais eficientes nas estimativas dos diversos diâmetros ao longo do tronco, o que pode ser verificado através das análises estatísticas e de distribuições residuais apresentadas nas tabelas de número 13 a 19 e nas figuras de número 13A a 19C. Assim recomenda-se o uso do modelo 5a para as espécies Jutaí-açu e Ucuuba da Terra Firme, bem como a utilização do modelo 5b para as espécies Abiurana, Andiroba, Jarana, Maçaranduba e Tachi Vermelho.

6.4 SOBRE OS DIVERSOS MÉTODOS DE ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS

As estimativas volumétricas com base no fator de forma por classe de diâmetro mostraram-se eficientes para todas as espécies, podendo ser comparadas com as estimativas das equações de volume.

Conclui-se que, o uso do fator de forma médio é o método com menor precisão se comparado com os demais métodos estudados

A utilização de equação de volume derivada de equação de afilamento apresenta várias vantagens: estimar de modo satisfatório o volume total, além de se poder obter volumes parciais com razoável precisão e, ainda, através da equação de afilamento é possível estimar o diâmetro a diversas alturas e também a altura a diversos diâmetros.

6.5 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que, a mesma metodologia seja aplicada para outras espécies tropicais, principalmente naquilo que se refere ao fator de forma por classe diamétrica e às equações de afilamento. e conseqüentemente a sua transformação em equação de volume.

Recomenda-se a utilização da equação de volume, obtida a partir da equação de afilamento, como ferramenta na avaliação do potencial madeireiro, principalmente no que diz respeito ao aspecto econômico.

Recomenda-se que seja dado continuidade a este estudo no sentido de obter uma estrutura de bitolas comerciais para as espécies florestais da Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AHRENS, S. Importância da distribuição de resíduos de regressão na seleção de equações de volume Documentos, Curitiba n. 10, p. 7-26. 1982.
- 2 _____; HOLBERT, D. Uma função para forma de tronco e volume de *Pinus taeda* L. Boletim de Pesquisa Florestal, Curitiba n. 3, p. 37-68,. 1981.
- 3 ALDER, D.,. Forest volume estimation and yield prediction. Rome: FAO, 1980. v. 2, 193 p. (FAO Forestry Paper 22/2).
- 4 ALEMDAG, I.S. A ratio method for calculating stem volume to merchantable limits, and associated taper equations. For.Chron. v. 64, p. 18-26, 1988.
- 5 AMATEIS, R.L.; BURKHART, H.E. Tree volume and taper of loblolly pine varies by stand origin. South J. Appl. For., v. 11, p. 190-192, 1987.
- 6 ANUCHIN, N.P. Forest mensuration. 2. ed. Jerusalém: Keter Press, 1970. 454p.
- 7 ASSMANN, E. The principles of forest yield study. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506p.
- 8 BARROS, P.L.C. Estudo das distribuições diamétricas da floresta do planalto do Tapaiós-Pará. Curitiba, 1980. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 123p.
- 9 BEHRE, C.E. Preliminary notes on studies of tree form. J. For., v. 21, p. 507-511, 1923.
- 10 BENNETT, F.A.; SWINDEL, B.F. Taper curves for planted slash pine. USDA Forest Service 4p (RN SE-179), 1972.

- 11 BORGES, J.F. Seccionamento do fuste de Pinus Taeda L. para obtenção do volume de madeira serrada, através da função de forma polinomial. Curitiba, 1981. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 81p.
- 12 BRUCE, D.; CURTIS, R.O.; VANCOEVERING, C. Development of a system of taper and volume tables for red alder. For. Sci., v. 14, p. 339-350, 1968.
- 13 BURGER, D.; HOSOKAWA, R.T.; MACHADO, S.A. Desenvolvimento de forma de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, (1979: Curitiba), Forestry problems of the genus Araucaria. Curitiba: FUPEF, 1980. p. 320-329.
- 14 CAILLEZ, F. Forest volume estimation and yield prediction. Rome: FAO, 1980. v. 1, 98p. (FAO Forestry Paper 22/1).
- 15 CAMPOS, J.C.C. Tabelas de volume total e comercial para *Pinus elliottii* Engelm. Revista CERES, Viçosa, v. 21 n. 116, p 253-267. 1974.
- 16 _____; LEITE, H.G.; OLIVEIRA, I.A. Variação da forma do tronco de clones de eucaliptos, em duas regiões. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.: 1993: Curitiba) E CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). ANAIS. Curitiba: SBS/SBEF, 1993 p. 559-564, v.2
- 17 CAO, Q.V.; BURKHART, H.E.; MAX, T.A. Evaluation of two methods for cubic-volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. Forest Sci. v.26 p 71-80. 1980.
- 18 CHAPMAN, H.H.; MEYER, W.M. Forest mensuration. United States of America : McGraw-Hill Book, 1949. v. 2, 246p.
- 19 CLUTTER. J.L. Development of taper functions from variable top merchantable volume equations. Forest Sci., v. 26, p. 117-120, 1980.
- 20 _____; FORTSON, J.C.; PIENAR L.V., BRISTER, G.H.; BAYLEY, R.L. Timber management: A quantitative approach. New York: John Wiley & Sons, 1983. 333p.

- 21 DEMAERSCHALK, J.P. Coverting volume equations to compatible taper equations For. Sci., v. 18, n. 3, p. 241-245, 1972.
- 22 _____. Integrated systems for the estimation of tree taper and volume. Can. J. For. Res., v. 3, n. 1, p. 90-94, 1973.
- 23 _____. Taper equations can be converted to volume equations and point sampling factors. The For. Chronicle, v.47, n. 6, p. 352-354, 1971.
- 24 _____. KOZAK Sugestions and criteria for more effective regression sampling 1. Can. J. For. Res., v. 4, n. 3, p. 341-348, 1974.
- 25 _____. KOZAK Sugestions and criteria for more effective regression sampling 2. Can. J. For. Res., v. 5, p. 496-497, 1975.
- 26 DUBOIS, J. Preliminary forest management guidelines for the national forest of the Tapajós, Belém, PRODEPEF, 1976. 41p. mimeografado.
- 27 DUCKE, A.; BLACK, G.A. Notas sobre a fitogeografia da Amazônia Brasileira. B. Téc. Inst. Agron. N., Belém, n. 29, p. 1-62, 1954.
- 28 FIGUEIREDO FILHO, A. Estudos de modelos matemáticos para estimar o volume por unidade de área em uma floresta tropical úmida na Amazônia brasileira. Curitiba, 1983. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 150p.
- 29 _____. Influência da Resinagem no Crescimento de *Pinus elliottii* Engelm. var *elliottii* e sua avaliação econômica. Curitiba, 1991. Tese (Doutorado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 138p.
- 30 _____. OLIVEIRA, C.G.; MOURA, J.B.; CUNHA, U.S. Conversão de equações de volume em equações de forma compatíveis para *Pinus elliottii*. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.: 1993: Curitiba) E CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). ANAIS. Curitiba: SBS/SBEF, 1993 p. 501-503, v.2

- 31 FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Manual of forest inventory : with special reference to mixed tropical forests. Roma, 1973. 200p.

- 32 FRIEDL, R.A. Dinâmica e prognose de forma dos fustes em povoamentos plantados de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. Curitiba, 1989. Dissertação Mestrado Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. 167p

- 33 GALLANT, A.R. The theory of nonlinear regression as it relates to segmented polinomial regression with estimated join points. Inst. Stat. Mimeograph Series., n. 925, p.1-25, 1975.

- 34 GALLANT, A.R.; FULLER, W.A. Fitting segmented polinomial regression models whose join points have to be estimated. J. Am. Stat. Assoc., v. 70, p. 927-932, 1975.

- 35 GARCIA, S.L.R.; LEITE, G.H.; YARED, J.A.G. Análise do perfil do tronco de morototó (*Didymopanax morototonii*) em função do espaçamento. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.: 1993: Curitiba) E CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). ANAIS. Curitiba: SBS/SBEF, 1993 p. 485-491, v.2

- 36 GOULDING, C.J.; MURRAY, J.C. Polynomial taper equations that are compatible with tree volume equations. New Zealan J. For. Sci., v. 5, p. 312-322, 1976.

- 37 GRAY, H.R. The form and taper of forest-tree stems. Imp.For. Inst. Paper, Oxford, v. 32, p. 1-75, 1956.

- 38 GROSENBAUGH, L.R. Tree form: definition, interpolation, extrapolation. For. Chron., v. 42, n. 4 p 444-457, 1966.

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

- 40 HEINSDIJK, D.; BASTOS, A.M. Inventários florestais na Amazônia. Boletim do Serviço Florestal, Rio de Janeiro, n. 6, p. 1-100, 1963.

- 41 HIGUCHI, N.; RAMM, W. Developing bole wood volume equations for a group of tree species of Central Amazon (Brazil). Commonw. For Rev., v. 64, n. 1, p. 33-41, 1985.
- 42 HOHENADL, W. Der Aufbau der Baumschfte. Fw. Cbl. 1924.
- 43 HOSOKAWA, R.T. Bertriebswirtschaftliche Kriterien zur Wahl der Umtriebszeit von Araucaria angustifolia (Bert. /O. Kuntze) in Brasilien. Freiburg, 1976. Tese (Doutorado em Manejo Florestal) — Universidade Albert - Ludwigs - RFA. 255p.
- 44 _____; GLADE, J.E. Valoracion de una plantacion forestal para definir el costo de la materia prima industrial. In: JORNADAS TÉCNICAS SOBRE BOSQUES IMPLANTADOS (3.: 1984: Eldorado). Actas y trabajos. Eldorado, 1984. Tomo 2, p. 92-112.
- 45 HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. Forest mensuration 3. ed. New York : John Wiley & Sons, 1982. 402p.
- 46 JORGE, L.A.B. Equações de volume comercial com casca em floresta tropical pluvial no Norte do Espírito Santo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, (1982: Campos do Jordão) Anais... São Paulo : Silvicultura, v. 16, n. 1, p. 456-467, 1982.
- 47 _____. Utilização de curvas de forma em séries relativas transformadas nas estimativas de volumes totais e parciais de árvores de Pinus taeda L. Curitiba, 1982. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 91p.
- 48 KIRCHNER, F.F., FIGUEIREDO FILHO, A., SCOLFORO, J.R.S., MACHADO, A.S., MITSHITA, E.A. O uso de funções Spline no cálculo de volume de árvores. Floresta, v.19, n.1-2, p. 116-122, 1989.
- 49 KOZAK, A.; MUNRO, D.D. ; SMITH, J.H.G. Taper functions and their application in forestry inventory. For. Chron., v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.
- 50 LARSON, P.R. Stem form developement of forest trees. Forest Science: Monograph, v. 5, p. 1-42, 1963.

- 51 LIU, C.J. Log volume estimation with spline approximation. For. Sci., v. 26, n. 3, p. 361-369, 1980.
- 52 _____; KEISTEK, T.D. Southern pine stem form defined through principal component analysis. Can. J. For. Res. v. 8, p. 188-197, 1978.
- 53 LOETSCH, F.; HALLER, K.E. Forest inventory. München: BLV 1973. v. 1. 436 p.
- 54 _____; ZOHRER, F.; HALLER, K.E. Forest Inventory. München: BLV, 1973. v.2, 469 p.
- 55 MACHADO, S.A. Estudo comparativo de métodos de medição num bosque tropical. Turrialba, 1972. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Centro Tropical de Ensino e Investigação, Instituto Interamericano de Ciências Agrárias. 86p.
- 56 _____. Aplicabilidade de equações de regressão em inventários florestais. In : CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (2. : 1973 : Curitiba). Anais... Curitiba : FIEP, p. 175-177. 1974.
- 57 _____. Tabela de volume para *Pinus taeda* na região de Telêmaco Borba Floresta, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 29-35, 1979
- 58 _____; NADOLNY, M.C. Comparação de métodos de cubagem de árvores e de diversos comprimentos de seção. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ (3.: 1991: Curitiba), Anais, APEF, v. 1, p. 89-104, 1991.
- 59 _____; GARCIA, E.R. Determinação do volume da casca em plantações de *Pinus taeda*. Floresta, Curitiba, v. 15, n. 1-2, p. 17-25, jun./dez. 1984.
- 60 MATTE, L. The taper of coniferous species with special reference to loblolly pine. For. Chron., v. 25, p. 21-31, 1949.
- 61 MAX, T.A.; BURKHART, H.E. Segmented polinomial regression applied to taper equations. For. Sci., v. 22, n. 33, p. 283-289, 1976.

- 62 McCCLURE, J.P.; CZAPLEWSKI, R.L. Compatible taper equation for loblolly pine. Can. J. For. Jor., v. 16, p. 1272-1277, 1986.
- 63 MUNRO, D.D.; DEMAERSCHALK, J. Taper-based versus volume based compatible estimating systems. For. Chron., v. 50, n. 5, p.197-199, 1974.
- 64 NEWBERRY, J.D.; BURKHART, H.E. Variable-form stem profile models for loblolly pine Can. J. For. Res., v. 16, p. 109-114, 1986.
- 65 PAULA NETO, F. Tabelas volumétricas com e sem casca para *Eucalyptus saligna*. Viçosa: Revista Árvore, v. 1, n. 1, p.31-53, 1977.
- 66 _____; BRANDI, R.M.; RIBEIRO, J.C.; GUIMARÃES, D.P. Teste de aplicação de tabelas volumétricas para estimar a produção de plantações de *Eucalyptus paniculata* Sm., na região de Ipatinga, Minas Gerais. Viçosa: Revista Árvore, 1(2):154-166 1977.
- 67 PELLICO NETTO, S.; Estimativas volumétricas de árvores individuais: Síntese teórica. In: SEMINÁRIO DE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, (5: 1981: Curitiba). Anais... Curitiba: EMBRAPA, p. 15-27, 1982.
- 68 PETERS, R.; JOBET, M.; AGUIRRE, S. Compendio de tablas auxiliares para el manejo de plantaciones de Pino insigne. Santiago : Imprenta Cisterna. n. 14. 140p.
- 69 POLLANSCHÜTZ, J. A new method of determining stem form-factor of standing trees. In : CONFERENCE INTERNATIONAL ADVISORY GROUP OF FOREST STATISTICIANS (2. : 1965 : Stockholm). Anais... Stockholm : Department of Forest Biometry, n. 9, p. 266-276, 1966.
- 70 PRENTER, P.M. Splines and variational methods. New York: John Wiley & Sons, 1975, 323p.
- 71 PRODAN, M. Holzmesselehre. Frankfurt: Sauerlanders, 1965. 644 p.

- 72 REED, D.D.; GREEN, E.J. Compatible stem taper and volume ratio equations. Forest Sci v. 30, p. 977-990. 1984.
- 73 REINCH, C.H. Smoothing by spline functions. Numerische Mathematik, v.10, n. 3, p.177-183, 1967.
- 74 SCHMIDT, P.B. Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus taeda*, L. Curitiba, 1977. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 102p.
- 75 SCHNEIDER, P.R. Modelos de equação e tabelas para avaliar o peso de casca de Acacia negra, *Acacia mearnsii* de Wild. Curitiba, 1977. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 149p
- 76 SCOLFORO, J.R., LIMA, J.T; SILVA, S.T. Equações de biomassa e volume para cerrado sensu stricto. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.: 1993: Curitiba) E CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). ANAIS. Curitiba: SBS/SBEF, 1993 p. 508-510, v.2
- 77 SILVA, J.A.A. Análise de equações volumétricas para construção de tabelas de volume comercial para *Eucalyptus* spp, segundo a espécie, região e método de regeneração. Viçosa, 1977, Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. 93p.
- 78 _____; MACHADO, S.A.; BORDERS, B.E.; BAYLEY, R.L. Uma nova metodologia para construção de tabelas volumétricas. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.: 1993: Curitiba) E CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). ANAIS. Curitiba: SBS/SBEF, 1993 p. 557-559, v.2
- 79 SILVA, J.A; Funções de forma dos troncos do *Pinus taeda*, *Picea excelsa*, *Abies alba* e *Pinus silvestris*. In: SEMINÁRIO DE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, (5.: 1981: Curitiba). Anais. Curitiba: EMBRAPA, 1982, p. 29-45
- 80 SILVA, J.N.M. Eficiência de diversos tamanhos e formas de unidades de amostras aplicadas em inventário florestal na região do Baixo Tapajós. Curitiba, 1980.

Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 83p.

- 81 _____. Possibilidades da produção sustentada de madeira em floresta densa de terra-firme da Amazônia Brasileira, In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, (6.: 1982: Campos do Jordão) Anais. Campos do Jordão: SBS/SBEF, v. 1, p. 39-50, 1990.
- 82 _____.; SCHNEIDER, P.R. Comparação de equações de volume para povoamentos de *Acacia mearnsii* de Wild (acácia negra) no Estado do Rio Grande do Sul, Floresta v. 10, n. 1, p. 36-42, 1979.
- 83 _____.; CARVALHO, M.S.P. Equações de volume para uma floresta secundária no planalto do Tapajós-Belterra, PA. Boletim de Pesquisa Florestal, Curitiba, n. 8-9, p. 1-15, jun./dez. 1984.
- 84 _____.; CARVALHO; J.O.P., LOPES; J.C.A.; CARVALHO, M.S.P. Equações de volume para a floresta nacional do Tapajós. Boletim de Pesquisa Florestal Curitiba, n. 8-9, p. 50-63, jun./dez. 1984.
- 85 SIQUEIRA, J.D.P. Tabelas de volume para povoamentos nativos de *Aracauria angustifolia* (Bert) O.Ktze no Sul do Brasil. Curitiba: Floresta, v. 8, n. 1, p. 7-12 . 1977.
- 86 SOUZA, A.L.; JESUS R.M. Equações de volume comercial e fator de forma para espécies da Mata Atlântica ocorrentes na reserva florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. Viçosa: Revista Árvore, v. 15, n. 3, p. 257-273, 1991.
- 87 SPURR, S.H. Forest inventory. New York: Ronald Press, 1952 . 476p.
- 88 STERBA, H. Stem curves - a review of the literature. Forestry Abstracts, v. 41, n. 4, p.141-145, 1980.
- 89 SUDAM. Levantamentos florestais realizados pela missão FAO na Amazônia (1956-1961). Belém, 1973.2v, p. 401-705.

- 90 VEIGA, R.A.A. Comparações de equações de volume para *Eucalyptus saligna* Smith I - Equações aritméticas não formais Curitiba, Revista Floresta, v. 4, n. 1, p. 81-94, 1972.
- 91 _____. Comparações de equações de volume para *Eucalyptus saligna* Smith II - Equações aritméticas formais Curitiba, Revista Floresta, v. 4, n. 1, p.95-104, 1972.
- 92 _____. Comparações de equações de volume para *Eucalyptus saligna* Smith III - Equações logarítmicas formais e não formais Curitiba, Revista Floresta, v. 4, n. 3, p. 5-14, 1973.
- 93 _____. Uso de equações de volume em levantamentos florestais. In : SIMPÓSIO SOBRE INVENTÁRIO FLORESTAL (2. : 1984 : Piracicaba). Anais... São Paulo : USP. p. 93-102.
- 94 YARED, J.A.G.; CARPANEZZI, A.A.; CARVALHO FILHO A.P. Ensaio de espécies florestais no planalto do Tapajós. Boletim de Pesquisa Florestal, v. 2, p. 22, 1980.