

**PÉRICLES SILVEIRA**

**MÉTODOS INDIRETOS DE ESTIMATIVA DO CONTEÚDO DE  
BIOMASSA E DO ESTOQUE DE CARBONO EM UM FRAGMENTO DE  
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Manejo Florestal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Soares Koehler

Co-orientadores: Prof. Dr. Carlos R. Sanquetta

Prof. Dr. Julio E. Arce

**CURITIBA**

**2008**



A minha família, pelo apoio e incentivo em  
todos os momentos,

DEDICO.

## **BIOGRAFIA**

PÉRICLES SILVEIRA, filho de Julio Silveira (em memória) e Zoraide Martins Silveira, nasceu em Curitiba, Estado do Paraná, em 1º de maio de 1961. É casado com Márcia Polo e pai de Luísa e Pedro Henrique.

Ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná em 1981, concluindo-o em 1987, obtendo o grau de Engenheiro Florestal.

Em 1994 foi aprovado em concurso público no Ministério da Justiça, Departamento de Polícia Rodoviária Federal, onde até a presente data exerce atividades profissionais.

Em 1995 ingressou no curso de pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná como bolsista do CNPq, em nível de Mestrado, concluindo-o em 1997, obtendo o grau de Mestre em Ciências Florestais.

Entre 2000 e 2004 exerceu atividades como docente na Faculdades Santa Cruz , Curitiba/PR, sendo professor da disciplina de Estatística.

Em 2004 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração em Manejo Florestal, que encerra com a defesa do presente trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor, e agora amigo, Dr. Henrique Soares Koehler, que desde o primeiro momento depositou-me confiança, e a partir de então seu incondicional apoio foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos co-orientadores, Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta e Prof. Dr. Julio Arce, pelas idéias e sugestões que me deram em todos os momentos em que foram solicitados.

Apesar de não terem participado diretamente deste trabalho, gostaria de agradecer aos seguintes professores, não só pela amizade cultivada desde o curso de graduação, mas pela importância que tiveram em minha formação de engenheiro florestal: Dr. Sebastião do Amaral Machado, Dr. Afonso Figueiredo Filho, Dr. Nelson Carlos Rosot, M.Sc. Décio José de Figueiredo e o Dr. Dartagnan Bagio Emerenciano.

Aos funcionários da Universidade Federal do Paraná, em especial à bibliotecária Tânia de Bastos Baggio, pela notável ajuda no fornecimento de material para pesquisa.

Ao amigo Paulo Roberto Beira da Silva pela ajuda na elaboração dos desenhos desta tese.

Ao colega Dirceu Miranda do Laboratório de Inventário Florestal pela ajuda nos momentos em que foi necessário.

À minha família, em especial à minha mãe, que em todos os momentos confia em mim, me fortalecendo e sempre me estimulando diante dos desafios.

Pouco conhecimento faz que as criaturas se sintam orgulhosas.  
Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as  
espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu,  
enquanto que as cheias as baixam para a terra, sua mãe.

(Leonardo Da Vinci)

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE ANEXOS .....	xiv
RESUMO .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Geral .....	3
1.1 Específicos .....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 OBJETIVOS DE SE REALIZAR ESTIMATIVA DE BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO FLORESTAL .....	4
2.2 DETERMINAÇÃO E ESTIMATIVA DE BIOMASSA FLORESTAL .....	5
2.2.1 Métodos diretos .....	7
2.2.2 Métodos indiretos.....	9
2.3 FATORES UTILIZADOS EM ESTIMATIVA DE BIOMASSA FLORESTAL .	13
2.4 MODELOS UTILIZADOS EM ESTIMATIVAS DE BIOMASSA FLORESTAL .....	15
2.5 QUANTIFICAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO .....	22
3 METODOLOGIA .....	27
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
3.1.1 Localização.....	27
3.1.2 Clima .....	28
3.1.3 Geologia e geomorfologia.....	28
3.1.4 Vegetação .....	29
3.2 SEQÜÊNCIA DE ATIVIDADES.....	30
3.3 BASE DE DADOS.....	32
3.4 AMOSTRAGEM DESTRUTIVA .....	33
3.5 CUBAGEM DE ÁRVORES .....	36
3.6 QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA .....	36

3.7	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E TEOR DE CARBONO.....	37
3.8	DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA.....	38
3.9	CRITÉRIOS UTILIZADOS NA SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO AJUSTADA PARA BIOMASSA TOTAL, ALTURA TOTAL, ALTURA COMERCIAL E VOLUME COMERCIAL .....	39
3.10	VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES SELECIONADAS.....	39
3.11	VARIÁVEIS INDEPENDENTES TESTADAS NOS MODELOS PARA BIOMASSA .....	40
3.12	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS SELECIONÁVEIS PARA OS MODELOS DE BIOMASSA.....	40
3.13	SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO PARA A ESTIMATIVA DAS ALTURAS .....	41
3.14	SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO PARA A ESTIMATIVA DO VOLUME COMERCIAL .....	41
3.15	SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO PARA A ESTIMATIVA DA BIOMASSA TOTAL .....	42
3.16	DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE EXPANSÃO .....	43
3.17	ESTIMATIVA DE BIOMASSA TOTAL POR ÁRVORE.....	44
3.18	ESTIMATIVA DE CARBONO TOTAL POR ÁRVORE .....	45
4	RESULTADOS .....	47
4.1	RELAÇÕES QUANTITATIVAS ENTRE AS VARIÁVEIS .....	47
4.2	MATRIZ DE CORRELAÇÃO .....	48
4.3	AJUSTES DOS MODELOS PARA A RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.....	51
4.3.1	Altura total.....	51
4.3.1.1	Validação da equação selecionada para altura total .....	53
4.3.2	Altura comercial.....	53
4.3.2.1	Validação da equação selecionada para altura comercial .....	56
4.4	AJUSTES DOS MODELOS PARA VOLUME COMERCIAL.....	56
4.4.1	Validação da equação selecionada para volume comercial .....	58
4.5	AJUSTES DOS MODELOS PARA BIOMASSA TOTAL .....	58
4.5.1	Validação da equação selecionada para biomassa total .....	66
4.6	DENSIDADES BÁSICAS, FATORES DE EXPANSÃO E TEORES DE CARBONO .....	66
4.7	ESTIMATIVAS DE BIOMASSA .....	71



4.8	ESTIMATIVAS DE CARBONO .....	72
4.8.1	Valoração monetária da floresta e o papel do mercado de carbono.....	74
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
	ANEXOS.....	89

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	FREQÜÊNCIAS POR ESPÉCIE .....	35
TABELA 2	DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA EM CLASSES DE DIÂMETRO PARA AS 213 ÁRVORES ABATIDAS .....	36
TABELA 3	VARIÁVEIS INDEPENDENTES UTILIZADAS NO PROCESSO SELETIVO PARA OS MODELOS DE BIOMASSA .....	40
TABELA 4	MODELOS TESTADOS PARA ESTIMATIVAS DE ALTURA TOTAL E ALTURA COMERCIAL.....	41
TABELA 5	MODELOS ARITMÉTICOS E LOGARÍTMICOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DE VOLUME COMERCIAL.....	42
TABELA 6	MODELOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA TOTAL SECA.....	43
TABELA 7	ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS PESOS DOS COMPARTIMENTOS, VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E DENSIDADES .....	47
TABELA 8	CONTRIBUIÇÃO MÉDIA DE CADA COMPARTIMENTO NO PESO TOTAL DAS ÁRVORES VERDES E SECAS .....	48
TABELA 9	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE PESO SECO E VARIÁVEIS INDEPENDENTES.....	49
TABELA 10	EQUAÇÕES AJUSTADAS COM SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE, PRECISÃO E AMPLITUDE RESIDUAL PARA A ESTIMATIVA DE ALTURA TOTAL.....	51
TABELA 11	EQUAÇÕES AJUSTADAS COM SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE, PRECISÃO E AMPLITUDE RESIDUAL PARA A ESTIMATIVA DE ALTURA COMERCIAL .....	54
TABELA 12	EQUAÇÕES AJUSTADAS COM SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE, PRECISÃO E AMPLITUDE RESIDUAL PARA A ESTIMATIVA DE VOLUME COMERCIAL .....	57
TABELA 13	EQUAÇÕES AJUSTADAS NA FORMA ARITMÉTICA COM SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE, PRECISÃO E A AMPLITUDE RESIDUAL PARA A ESTIMATIVA DE BIOMASSA TOTAL .....	58

TABELA 14	EQUAÇÕES AJUSTADAS NA FORMA LOGARÍTMICA COM SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE, PRECISÃO E A AMPLITUDE RESIDUAL PARA A ESTIMATIVA DE BIOMASSA TOTAL.....	59
TABELA 15	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE AS VARIÁVEIS DENSIDADE, BIOMASSA, VOLUME COMERCIAL E FEB.....	68
TABELA 16	ESTIMATIVA MÉDIA DE BIOMASSA (T HA <sup>-1</sup> ) CONFORME MÉTODO DE ESTIMATIVA .....	71
TABELA 17	ESTIMATIVA MÉDIA DE CARBONO (T HA <sup>-1</sup> ) CONFORME MÉTODO DE ESTIMATIVA .....	73
TABELA 18	DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) REMOVIDO DA ATMOSFERA (T HA <sup>-1</sup> ), CONFORME O MÉTODO DE ESTIMATIVA.....	74
TABELA 19	VALOR MONETÁRIO DA FLORESTA (US\$ HA <sup>-1</sup> ) POR MÉTODO DE ESTIMATIVA .....	75

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	VÁRIAS MANEIRAS DE SE ESTIMAR A BIOMASSA TOTAL A PARTIR DO VOLUME COMERCIAL. “E” SIGNIFICA EXPANSÃO E “C” CONVERSÃO. FONTE: SOMOGYI et al. (2006). .....	14
FIGURA 2	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	27
FIGURA 3	FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES .....	31
FIGURA 4	ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DAS UNIDADES DE AMOSTRA.....	33
FIGURA 5	DIAGRAMA DE DISPERSÃO DOS DADOS DE BIOMASSA TOTAL EM RELAÇÃO AO DAP .....	50
FIGURA 6	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DAP DOS MODELOS 1 A 8 PARA ESTIMATIVA DE ALTURA TOTAL .....	52
FIGURA 7	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DAP DOS MODELOS 9 A 10 PARA ESTIMATIVA DE ALTURA TOTAL .....	53
FIGURA 8	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DAP DOS MODELOS 1 A 8 PARA ESTIMATIVA DE ALTURA COMERCIAL .....	55
FIGURA 9	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DAP DOS MODELOS 9 A 10 PARA ESTIMATIVA DE ALTURA COMERCIAL .....	56
FIGURA 10	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME ESTIMADO DOS MODELOS 1 A 5 PARA ESTIMATIVA DE VOLUME COMERCIAL .....	57
FIGURA 11	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA OS MODELOS ARITMÉTICOS 1 A 3 .....	61
FIGURA 12	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA OS MODELOS ARITMÉTICOS 4 A 7 .....	62
FIGURA 13	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA OS MODELOS ARITMÉTICOS 8 A 10 .....	63

FIGURA 14	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA OS MODELOS LOGARÍTMICOS 1 A 4 .....	64
FIGURA 15	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA OS MODELOS LOGARÍTMICOS 5 A 8 .....	65
FIGURA 16	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA O MODELO LOGARÍTMICO 9 .....	66
FIGURA 17	DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE TENDÊNCIA ENTRE FATOR DE EXPANSÃO DE BIOMASSA E DENSIDADE BÁSICA ...	68
FIGURA 18	FATOR DE EXPANSÃO DE BIOMASSA POR CLASSES DE DAP ....	68
FIGURA 19	DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE FATOR DE EXPANSÃO DE BIOMASSA E BIOMASSA .....	69
FIGURA 20	DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE FATOR DE EXPANSÃO DE BIOMASSA E VOLUME COMERCIAL .....	70

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO I	FORMULÁRIO DE INVENTÁRIO FLORESTAL.....	90
ANEXO II	LISTAGEM DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS DE 1 A 54.....	91
ANEXO III	LISTAGEM DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS DE 55 A 108.....	92
ANEXO IV	LISTAGEM DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS DE 109 A 161.....	93
ANEXO V	LISTAGEM DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS DE 162 A 191.....	94
ANEXO VI	FORMULÁRIO DE BIOMASSA FLORESTAL E CUBAGEM.....	95
ANEXO VII	DENSIDADES BÁSICAS, FATORES DE EXPANSÃO E TEORES MÉDIOS DE CARBONO POR ESPÉCIE.....	96
ANEXO VIII	DENSIDADES BÁSICAS, FATORES DE EXPANSÃO E TEORES MÉDIOS DE CARBONO POR ESPÉCIE.....	97
ANEXO VIII	FATORES DE EXPANSÃO POR CLASSES DE DAP.....	98
ANEXO IX	ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (1 A 4) E POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	99
ANEXO X	ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (5 A 8) E POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	100
ANEXO XI	ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (9 A 12) E POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	101
ANEXO XII	ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (13 A 16) E POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	102
ANEXO XIII	ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (17 A 20) E POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	103
ANEXO XIV	ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (21 A 24) E POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	104
ANEXO XV	ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (25 A 28) E POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	105
ANEXO XVI	ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (29 A 32) E POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	106

ANEXO XVII ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (33 A 36) E POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	107
ANEXO XVIII ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (37 A 40) E POR CLASSES DE DIÂMETRO .....	108
ANEXO XIX ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (41 A 44) E POR CLASSES DE DIÂMETRO .....	109
ANEXO XX ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR AMOSTRA (45 A 48) E POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	110
ANEXO XXI ESTIMATIVAS MÉDIAS DE BIOMASSA E CARBONO EM, (T HA <sup>-1</sup> ), POR CLASSES DE DIÂMETRO .....	111
ANEXO XXII ESTIMATIVAS DO ESTOQUE DE CARBONO EM (T HA <sup>-1</sup> ) POR AMOSTRA, A SOMA E A MÉDIA UTILIZANDO A EQUAÇÃO SELECIONADA PARA BIOMASSA COM O VALOR DEFAULT (0,5) SUGERIDO PELO IPCC(2001) .....	112

## RESUMO

O objetivo principal desta pesquisa foi estimar, por métodos indiretos, o conteúdo de biomassa e o estoque de carbono em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, localizado nos municípios de Presidente Nereu Ramos e Apiúna, no estado de Santa Catarina. A base de dados para este estudo, proveniente de uma pesquisa de inventário florestal visando quantificar biomassa e estoque de carbono em propriedades da Companhia Hemmer Indústria e Comércio, obtida de 213 árvores abatidas, consistiu nas variáveis diâmetro à altura do peito “dap”, diâmetros medidos em 13 seções compreendendo 95% da altura total, altura total, altura comercial (altura até o ponto de inversão), volume comercial, densidade básica da madeira, teores de carbono, compreendendo 77 espécies, e dados de dap de 12.127 árvores distribuídas em 48 amostras de 30m x 90m. Para se ter conhecimento da distribuição diamétrica destas árvores, construiu-se uma tabela de distribuição de frequência dividida em 10 classes de dap. Em seguida, realizou-se a cubagem destas árvores para a determinação do volume comercial, aplicando-se o método de Smalian conforme metodologia de Hohenadl. As variáveis dap, altura total e altura comercial foram transformadas em 37 variáveis, que foram analisadas em uma matriz de correlação, visando a seleção para a construção e ajustes dos modelos para biomassa. Posteriormente procedeu-se o ajuste de relações hipsométricas para a escolha dos modelos para estimar as alturas total e comercial e o ajuste de modelos para volume comercial. Com as informações de biomassa total, biomassa comercial, densidade básica da madeira, volume comercial e teores de carbono determinou-se o fator de expansão médio, por espécie e por classes de dap. A seguir estimou-se a biomassa aérea pelo método da derivação do volume comercial em estoque de biomassa e carbono e pelo método de ajuste por modelos de regressão. A estimativa média de biomassa por amostra utilizando a equação ajustada foi de 153,58 t ha<sup>-1</sup>, pelo método da derivação do volume comercial em estoque de biomassa utilizando fator de expansão médio foi de 157,71 t ha<sup>-1</sup>, pelo fator de expansão por espécie foi de 161,30 t ha<sup>-1</sup> e pelo fator de expansão por classes de diâmetro foi de 164,18 t ha<sup>-1</sup>. A estimativa média de carbono armazenado por amostra utilizando o modelo selecionado para biomassa foi de 64,48 t ha<sup>-1</sup>, pelo método da derivação do volume comercial em estoque de carbono utilizando fator de expansão médio foi de 65,98 t ha<sup>-1</sup>, pelo fator de expansão por espécie foi de 67,74 t ha<sup>-1</sup>, pelo fator de expansão por classes de diâmetro foi de 68,98 t ha<sup>-1</sup>, e utilizando o valor de conversão de biomassa em carbono sugerido pelo IPCC de “0,5” foi de 76,69 t ha<sup>-1</sup>. Estimou-se também, conforme o método de estimativa, a quantidade de dióxido de carbono removido da atmosfera e o valor monetário da floresta. Estes resultados mostraram que as estimativas encontradas pelo método da derivação de volume comercial em estoque de biomassa e carbono, apesar de até o momento ter sido pouco explorado, são confiáveis pelo fato dos ajustes dos modelos para volume comercial terem apresentado boa qualidade, por estarem próximas às estimativas encontradas pelos modelos de regressão assim como dos trabalhos realizados atualmente em florestas de formação natural.

Palavras chave: biomassa, carbono, fator de expansão de biomassa, modelos.



## ABSTRACT

The aim of this research was to estimate the biomass and carbon storage in a fragment of Atlantic Rain Forest by indirect methods located at Presidente Nereu Ramos and Apiúna Counties, Santa Catarina State, Brazil. The data base, which came from an inventory forest research aiming to quantify the biomass as well as the carbon storage in properties from the company Hammer: Indústria e Comércio, consisted of relative diameters measured in 13 sections comprehending 95% of the total height, total height, commercial height (height until the inversion point), commercial volume, basic wood density and carbon contents reaped from 213 pulled down trees, comprehending 77 species, and dap data of 12127 trees taken in 48 samples of 30m x 90m. In order to establish the diameter distribution of the tapped trees, a frequency distribution table with 10 dap classes was built. Commercial volumes were calculated by the Smalian method, according to the Hohenadl methodology, and the weight of each felled tree was determined. Diameters values, total height commercial height were transformed into a set of 37 regression variables, leading to a correlation matrix in order to build and adjust biomass equations. Then, the adjust of the hypsometric relations was accomplished to choose the models and then estimate the total and commercial heights and the models adjust of commercial volume. Based on measured total biomass, commercial biomass, basic wood density, commercial volume and carbon contents, estimates were calculated by species average and diameter classes average expansion factors. Aerial biomass was then anticipated by the method of commercial volume derivation in storage of biomass and carbon and by the method of adjust by regression models. The average estimative of biomass per sampling unit using the adjusted equation was  $153.58 \text{ t ha}^{-1}$ , while when the derivation of the biomass and carbon commercial volume in storage method is used, the values found are: by the medium expansion factor –  $157.71 \text{ t ha}^{-1}$ , by the species expansion factor –  $161.30 \text{ t ha}^{-1}$  and by the diameter classes average expansion factor –  $164.18 \text{ t ha}^{-1}$ . The average estimative of carbon per sample, when the selected model for biomass is applied, was  $64.48 \text{ t ha}^{-1}$ , but when the derivation of the biomass and carbon commercial volume in storage method is used, the values are: by the medium expansion factor –  $65.98 \text{ t ha}^{-1}$ , by species –  $67.74 \text{ t ha}^{-1}$ , and by diameter classes average expansion factor –  $68.98 \text{ t ha}^{-1}$ . Beside that, the number found by the conversion value of biomass in carbon (“0,5” - suggested by the IPCC), was  $76,69 \text{ t ha}^{-1}$ . Apart from it, the monetary value of the forest and the quantity of  $\text{CO}_2$  removed from the atmosphere were calculated by the estimative method. The results showed that the estimates obtained by the derivation of the biomass and carbon from commercial volume, despite of the fact that it has not been deeply explored, may be reliable due to the accurate estimated values obtained. The results were close to the estimates found by the regression models and correspond to the values established in works that were recently accomplished in natural formation forests.

Keywords: biomass, carbon, biomass expansion factor, models.

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente, as avaliações florestais objetivavam inventariar o potencial de uma floresta levando em consideração apenas o aspecto das reservas de madeira. A exploração da Mata Atlântica, por exemplo, vem ocorrendo desde a chegada dos portugueses ao Brasil, cujo interesse primordial era a exploração do pau-brasil. O processo de desmatamento prosseguiu durante os ciclos da cana-de-açúcar, do ouro, da produção de carvão vegetal, da extração de madeira, da plantação de cafezais e pastagens, da produção de papel e celulose, do estabelecimento de assentamentos de colonos, da construção de rodovias e barragens e de um amplo e intensivo processo de urbanização, com o surgimento das maiores capitais do país, como São Paulo, Rio de Janeiro, e de diversas cidades menores e povoados (IBAMA, 2004). Segundo HIGUCHI et al. (2004), os inventários florestais dos anos 60 e 70 se restringiam ao volume de madeira em tamanho comercial (normalmente considerando apenas árvores com  $dap > 25$  cm), por serem exploratórios, servindo, no máximo, para estudo de viabilidade de projetos de desenvolvimento.

Estudos e análises, visando não somente a preservação da biodiversidade de áreas florestais como também relacionados ao clima, começaram a se intensificar. Segundo CAMPOS (2001), uma das conclusões destes estudos mostra que a concentração de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e a temperatura da atmosfera variaram conjuntamente nas últimas dezenas de milhares de anos, reforçando a preocupação de que o aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera podem provocar mudanças climáticas, como, por exemplo, alterando radicalmente os ciclos hidrológicos de toda uma região, intensificando e alterando a frequência de eventos extremos (tornados, ressacas). WATZLAWICK et al. (2002) afirmam que está previsto um aumento de  $1,5^{\circ}C$  a  $4,5^{\circ}C$  até o ano 2050, e, uma vez que a temperatura controla vários processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, pequenas variações podem influenciar diretamente o desenvolvimento de povoamentos florestais. Segundo IPCC (2001), os impactos decorrentes desta variação da temperatura afetarão todos os países e serão de ordem não só ambiental, como também social e econômica.

Por acumular na estrutura carbônica das árvores elementos poluentes nocivos à qualidade de vida, cresce a cada dia que passa o interesse pelos estudos de biomassa e conteúdo de carbono em florestas. Estas estocam tanto na biomassa acima como abaixo do

solo, e representam mais carbono do que atualmente existe em relação ao estoque na atmosfera. Isso é justificado em função das florestas cobrirem cerca de 30% da superfície da terra e fixar em torno de 85% do carbono orgânico (HOUGHTON, 1994). Para o autor, com a perda da cobertura florestal, perde-se também a maior fonte de carbono do solo, a serapilheira e as raízes, o que, com o uso agropecuário tradicional, leva à emissão de cerca de 25 a 30% deste material estocado em aproximadamente uma década.

A quantificação de biomassa florestal divide-se em métodos diretos que implicam em determinações onde as árvores são cortadas e todos os componentes pesados, e métodos indiretos onde são feitas estimativas utilizando dados de sensoriamento remoto e de inventário florestal. Estas últimas podem ser realizadas por meio de relações empíricas entre a biomassa e outras variáveis e por meio da derivação do volume comercial.

Este estudo, realizado em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, visa estimar biomassa e carbono por métodos indiretos, ou seja, ajuste de equações pelo uso de técnicas de regressão e derivação do volume comercial. Na hipótese destas florestas serem preservadas, quanto seqüestram em termos de dióxido de carbono, quanto isto poderia representar em termos monetários, podendo-se conseqüentemente estimar qual o seu valor. Na aplicabilidade de métodos diretos e indiretos para se estimar biomassa, torna-se imprescindível compará-los visando uma análise sobre os custos e os danos ambientais envolvidos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Geral

O objetivo geral do presente foi estimar o conteúdo de biomassa e carbono armazenado em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa pelos métodos indiretos: ajuste de modelos matemáticos e derivação do volume comercial.

### 1.1.2 Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Ajustar modelos para estimar biomassa;
- Estimar biomassa por meio de equações ajustadas e carbono por meio de uma equação selecionada;
- Estimar biomassa utilizando o método da derivação do volume comercial;
- Estimar carbono utilizando o método da derivação do volume comercial;
- Estimar carbono utilizando o valor do teor sugerido pelo IPCC de “0,5”;
- Estimar a quantidade de dióxido de carbono removido;
- Realizar a valoração monetária da floresta conforme a quantidade de dióxido de carbono removido;
- Comparar os resultados das estimativas de biomassa e carbono pelos métodos considerados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 OBJETIVOS DE SE REALIZAR ESTIMATIVA DE ESTOQUE DE BIOMASSA E CARBONO FLORESTAL

Os estudos de biomassa florestal são feitos com objetivos diversos, dentre os quais, destacam-se a quantificação da ciclagem de nutrientes, a quantificação para fins energéticos e como base de informação para estudos de seqüestro de carbono. Estes estudos são de grande importância para a tomada de decisões no manejo dos recursos florestais (PÁSCOA et al. 2004). O interesse na completa utilização da árvore (raízes, tronco, ramos), o uso dos resíduos da manufatura de produtos florestais, a quantificação de material combustível em relação ao potencial de incêndio de uma floresta e outras abordagens, aumentam a importância dos estudos de biomassa (HUSCH, MILLER e BEERS, 1982; PHILIP, 1994).

Para analisar as condições fitossanitárias de um ecossistema, há a necessidade de estudar vários fatores de forma conjunta, pois todos estão inter-relacionados. A quantificação da variável *biomassa* é um importante método para esse fim, pois ela é uma consequência direta de todos os fatores bióticos e abióticos de um ecossistema florestal (BROWN, 1997).

GUEDES et al. (2001) afirmam que a biomassa ( $\text{kg m}^{-2}$ ) é um indicador de produtividade ( $\text{kg m}^{-2} \text{ano}^{-1}$ ) de um sítio variando com a precipitação, temperatura, latitude e altitude. A produtividade e biomassa podem não ser relacionadas e variam com o estado sucessional da vegetação em causa, por exemplo, uma floresta adulta que tem muita biomassa pode ter baixa produtividade.

O volume de biomassa florestal e sua distribuição são fatores controladores do estoque de carbono global, servindo também como base para a predição futura da mudança climática (SEDJO, 1992; DIXON et al. 1994). Uma estimativa acurada da biomassa florestal e seu padrão de mudança no tempo é um pré-requisito para ajudar a entender a grande controvérsia sobre a função das florestas no ciclo do carbono (SEDJO, 1992; FAN et al. 1998; BROWN, SCHOEDER e KERN, 1999).

Visando entender como se processam as emissões de carbono na atmosfera, SALOMÃO et al. (1996) são de opinião que é necessário que se responda a seguinte questão: Qual o estoque de carbono armazenado na biomassa de uma floresta? Assim, torna-se necessário desenvolver ou utilizar metodologias que possibilitem obter estimativas da quantidade deste elemento em uma floresta, ou mais especificamente, em diferentes partes de uma árvore. Estes autores ainda mencionaram que, para se proceder à avaliação dos teores de carbono dos diferentes componentes da vegetação (parte aérea, raízes, camadas decompostas sobre o solo, entre outros) e, por conseqüência, contribuir para estudos de balanço energético e do ciclo de carbono na atmosfera, é necessário, inicialmente, quantificar a biomassa vegetal de cada componente da vegetação.

Segundo KETTERINGS et al. (2001), a estimativa de biomassa acima do solo é imprescindível aos estudos do balanço global de carbono. Para HIGUCHI et al. (1998), as estimativas de biomassa representam um importante indicador para monitorar e avaliar a exportação de nutrientes após exploração florestal, na busca de minimizar os impactos ambientais gerados por essa atividade.

Conforme GARDNER e MANKIN (1981), os ecossistemas florestais contêm cerca de 90% da biomassa do planeta cobrindo aproximadamente 40% de sua superfície. A biomassa representa a matéria orgânica armazenada no ecossistema. Em função da grande proporção existente de biomassa, torna-se importante e útil o seu conhecimento para fins de avaliações dos diferentes ecossistemas (RUSSO, 1983), ciclagem de nutrientes (GOLLEY, MCGINNIS e CLEMENTS, 1971), armazenamento de energia solar (ANDRAE e KRAPFENBAUER, 1983), possibilitando assim a realização de avaliações e recomendações para o manejo racional dos diferentes ecossistemas.

## 2.2 DETERMINAÇÃO E ESTIMATIVA DE BIOMASSA FLORESTAL

Pela fotossíntese as plantas capturam a energia do sol transformando-a em energia química. Esta energia pode ser convertida em eletricidade, combustível ou calor. As fontes orgânicas que são usadas para produzir energia usando este processo são chamadas de *biomassa* (BROWN, 1997)

Para MARTINELLI et al. (1994), biomassa é a quantidade expressa em massa do material vegetal disponível em uma floresta, sendo que os componentes de biomassa geralmente estimados são a biomassa viva horizontal acima do solo, composta de árvores e arbustos, a biomassa morta acima do solo, composta pela serapilheira e troncos caídos e a biomassa abaixo do solo, composta pelas raízes. A biomassa total é dada pela soma de todos estes componentes.

Por serem as florestas os maiores acumuladores de biomassa do planeta, a sociedade civil organizada e a mídia vêm demandando dos profissionais que atuam na área florestal a geração de informações e conhecimentos que possam auxiliar na redução dos riscos ambientais que se colocam à frente da espécie humana (SANQUETTA, 2002). Um dos aspectos mais relevantes nos estudos de fixação de carbono em florestas é a variável biomassa, a qual precisa ser determinada e estimada de forma fidedigna, caso contrário não haverá consistência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais (SANQUETTA, 2002).

Russo (1983) relacionou seis fatores que afetam a biomassa e a produtividade: idade do povoamento, variabilidade genética, a nutrição, altitude, umidade do solo e desbastes. O total de biomassa acima do solo também varia por região geográfica, tipo de região (úmida, encharcada ou seca), tipo florestal, estrutura florestal e o grau de distúrbio da floresta (BROWN, GILLESPIE e LUGO, 1989). Segundo SPURR e BARNES (1986), existe uma relação entre biomassa e produtividade primária, conhecida como acúmulo de biomassa. Esta relação é geralmente baixa em florestas jovens de rápido crescimento, e superior onde requer mais energia para manter o alto estoque de biomassa existente.

De acordo com CURLIN (1970)<sup>1</sup> citado por SCHNEIDER et al. (2004), geralmente a parte aérea das árvores tem sua biomassa distribuída na seguinte ordem: fuste > galhos > casca > folhas. Para *Acacia mearnsii*, espécie do gênero *Acácia* (De Wild), PEREIRA et al. (1997), constataram valores diferentes na distribuição, tendo fuste > casca > galhos > folhas. Esta variação pode ser atribuída a diferentes fatores, como as características da espécie e os fatores edafoclimáticos.

As metodologias usadas atualmente para se obter estimativas de biomassa em áreas florestais são baseadas, principalmente em dados de inventário florestal, empregando-se

---

<sup>1</sup>CURLIN, J.W. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: YOUNGBERRG, C. T. & C. B. DAVEY. Ed. Tree growth and forest soil. Oregon state University Press, 1970. p. 313-326.

fatores e equações de biomassa, que transformam dados de diâmetro, altura ou volume em tais estimativas (SOMOGYI et al. 2006).

Na maioria dos casos é necessário uma amostragem destrutiva para a estimativa correta de biomassa. Normalmente a biomassa arbórea é medida a partir de seus componentes. A separação e especificação destes componentes varia de acordo com o tipo de povoamento e os objetivos a serem alcançados. Esta variação pode incluir ou excluir alguns componentes específicos tais como flores, frutos ou detalhar outros como raízes e ramos, subdividindo em raízes finas e raízes grossas, ramos com idades e espessuras diferentes (CAMPOS, 1991).

Para HIGUCHI e CARVALHO JUNIOR (1994), os estudos para quantificação de biomassa florestal dividem-se em métodos diretos ou determinação e métodos indiretos ou estimativas. Determinação significa uma medição real feita diretamente na biomassa, por exemplo, a pesagem de um fuste inteiro por meio de um dinamômetro ou uma balança. Todas as árvores de uma determinada parcela são derrubadas e pesadas, sendo feita em seguida a extrapolação da avaliação amostrada para a área total de interesse. A estimativa de biomassa aérea pelo método indireto consiste em correlacioná-la com alguma variável de fácil obtenção e que não requeira a destruição do material vegetal. As estimativas podem ser feitas por meio de relações quantitativas ou matemáticas, como razões ou regressões de dados provenientes de inventários florestais (dap, altura e volume), por dados de sensoriamento remoto (imagens de satélite).

### 2.2.1 Métodos diretos

Os métodos diretos de amostragem de biomassa podem ser enquadrados em duas grandes categorias, segundo SANQUETTA (2002): método da árvore individual e método da parcela.

PARDÉ (1980)<sup>2</sup>, citado por SANQUETTA (2002), afirmou que o método da árvore individual é feito mediante a seleção de uma árvore média (*mean tree method*), sendo que para se conhecer esta árvore é preciso realizar um inventário florestal piloto e calcular o diâmetro ou a área seccional ou transversal desta árvore. Este autor afirmou que é comum o emprego da árvore de área seccional média ou “dg”. Após a definição desta árvore, procede-

<sup>2</sup>PARDÉ, J. **Forest biomass**. In: Forestry Abstract Review Article. França: Station de Silviculture et de Production, Centre National de Recherches Forestieres, vol. 41. p. 349-352. 1980.



se a derrubada e a determinação de biomassa de um número de indivíduos que se constituem na amostra. Em florestas com estrutura mais complexa, uma variação deste método geralmente é empregada. Após a realização de um inventário florestal piloto para se conhecer a distribuição diamétrica da floresta, serão derrubadas um determinado número de árvores para cada amplitude diamétrica, abrangendo todas as classes existentes na floresta.

Segundo HIGUCHI e CARVALHO JUNIOR (1994), em campo são obtidos separadamente os pesos verdes para o tronco, galhos, folhas e serragens produzidas pela divisão do tronco e galhos. Em seguida, deve-se retirar discos de aproximadamente 3 cm de espessura do tronco e dos galhos em alturas relativas ao comprimento total e um disco na altura do dap. Todas as amostras do tronco, galhos grossos, galhos finos, folhas e discos devem ser colocadas em estufa até estabilizarem-se em peso para a obtenção do peso seco.

OGAWA e KIRA (1977) citam outra técnica para determinação de biomassa em árvores individuais chamada técnica do corte estratificado (*stratified clip technique*), que consiste na execução do corte raso em um pequeno ponto amostral no interior da floresta a ser estudada, dividindo-se a parte de cima do solo em 10 ou mais estratos paralelos à superfície do solo, e todas as árvores dentro do ponto são cortadas em partes dentro do respectivo estrato, e pesadas as folhas, ramos e caule pertencentes a cada estrato separadamente.

O método da parcela é feito cortando-se e pesando-se toda a biomassa de uma área pré-definida, podendo ser implementado segundo PARDÉ (1980)<sup>2</sup>, citado por SANQUETTA (2002), pelo procedimento denominado corte total (*harvest method*) consistindo em determinar toda a biomassa da floresta pelo corte e pesagem de todas as frações (inclusive as raízes) passo a passo, ou amostragem em múltiplos estágios (*multi-stage sampling*) na qual cortam-se todos os indivíduos contidos na parcela pesando-se todos os caules. Para as demais porções, são feitas determinações apenas para alguns indivíduos estabelecendo uma relação de quantidades entre os dois grupos. Para BROWN et al. (1989), as estimativas geradas por estas parcelas não são confiáveis porque baseiam-se em poucas parcelas, pequenas e tendenciosamente escolhidas. SALATI (1994) afirmou que são utilizadas pequenas áreas (entre 0,2 a 1,0 ha), e serve para a calibragem das equações utilizadas nas estimativas indiretas, além de permitir o conhecimento detalhado da biomassa nos diferentes compartimentos da floresta.

### 2.2.2 Métodos indiretos

SOMOGYI et al. (2006) afirmam que avaliações de biomassa de forma indireta podem ser feitas por dois métodos quando se trabalha a nível de campo: uma é utilizando dados de volume de árvores ou talhões e multiplicá-los por um fator ou fatores apropriados denominados (BF), fatores de biomassa, que convertem (expandem ou reduzem) as estimativas de volume para estimativas de biomassa, sendo escrita da seguinte forma:

$$B = P.BF \quad (1)$$

onde: B = biomassa em kg ou ton;

P = variável de uma árvore ou talhão, por exemplo volume em m<sup>3</sup>;

BF = fator apropriado da biomassa utilizado na conversão.

Outra forma de se estimar biomassa de forma indireta é realizando o ajuste de equações pelo uso de técnicas de regressão. Segundo KOEHLER, WATZLAWICK e KIRCHNER (2002) é o procedimento mais comum, onde algumas árvores são amostradas, o peso de cada componente determinado e relacionado por meio de regressão com variáveis dendrométricas, sendo escrita da seguinte forma:

$$B = f(P1, P2, p1, p2, \dots) \quad (2)$$

onde: B = biomassa em kg ou ton;

P = variáveis dendrométricas disponíveis, por exemplo diâmetro (cm) e altura (m);

p = parâmetros do modelo.

Como a maioria dos fenômenos naturais é tipicamente não linear, a utilização de modelos não lineares produz estimativas mais precisas do que os lineares (SANTOS, 1996). A indicação do uso de modelos não lineares em manejo florestal é fundamentada no crescimento de uma árvore individual e, conseqüentemente, da floresta, que apresenta uma tendência não-linear e sigmoideal, e também porque existem modelos não-lineares flexíveis e confiáveis para esse tipo de análise (REGAZZI e LEITE, 1993).

BROWN (1997) afirmou que o uso de equações de regressão é mais vantajoso, pois obtém-se estimativas de biomassa sem a necessidade de se calcular a variável volume e tendo como desvantagem a possibilidade de que geralmente não se têm dados de todas as classes de diâmetro, uma vez que grande parte dos inventários florestais visam somente a parte comercial de uma floresta, sendo geralmente medido diâmetros acima de 10 cm ou mais,

desprezando-se árvores menores, que podem representar até 30% da biomassa de uma floresta.

Na conversão de dados de volume em biomassa, (BROWN, GILLESPIE e LUGO, 1989) afirmaram que é necessário a determinação do (BEF), fator de expansão, obtido pela razão da biomassa seca total acima do solo para árvores com um dap mínimo de 10 cm, pela biomassa seca do volume inventariado ou comercial. Este método é conhecido como “método BEF” segundo (FANG e WANG, 2001).

FEARNSIDE (1986) afirmou que em estimativas de biomassa a partir de volume, pode ser incluída a variável densidade chamada de “densidade básica” que é calculada dividindo-se a massa seca pelo volume úmido. A condição de umidade usualmente se refere à amostra de madeira imersa na água em laboratório até saturação. Esta condição é uma aproximação das condições que a madeira apresenta quando se encontra no seu estado natural em uma floresta.

Outro tipo de estimativa de biomassa derivada da aplicação de equações de regressão, utiliza um conjunto de dados de diâmetro. Segundo BROWN (1997), este método basicamente envolve estimativa de biomassa por classe de diâmetro, utilizando-se o diâmetro médio por classe para representá-la e o número de árvores em cada classe. Em regiões de clima seco, este autor recomendou que esta estimativa seja correlacionada não só com a variável diâmetro (d), mas também com a variável altura (h).

Esta equação pode ser expressa da seguinte forma:

$$BA = b_0 + b_1 \cdot h \cdot dap^2 \quad (3)$$

onde: BA = biomassa da árvore (kg);

h = altura (m);

dap = diâmetro à altura do peito (cm);

$b_0$ ;  $b_1$  = são os coeficientes da regressão.

As técnicas de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizadas em estudos na área florestal, uma vez que é possível estimar parâmetros biofísicos como biomassa, carbono e volume de madeira, pelas propriedades espectrais dos componentes da vegetação (fustes, galhos, folhas, etc.). A utilização desta técnica em florestas heterogêneas se torna mais complexa devido à grande diversidade florística, fisionômica e fenológica que este tipo florestal apresenta. Para as florestas implantadas, por possuírem geralmente apenas um gênero

e serem inventariadas periodicamente, este trabalho se torna mais fácil e confiável (SOUZA e PONZONI, 1998).

No emprego de um sistema de informação geográfica em estimativas de biomassa, utiliza-se geralmente uma ampla base de dados e mapas digitais de inventário, de população, clima, vegetação, solos e de topografia. WATZLAWICK et al. (2002) relataram que a conciliação de trabalhos de campo e dados de imagem devem ser incorporados em ambientes SIG (Sistema de Informação Geográfica), obtendo-se assim um melhor aprimoramento, visualização e maior agilização nos processos de consulta as informações, permitindo também associar estas informações a um banco de dados relacional.

HOUGHTON (1994) salientou que as estimativas de biomassa não podem deixar de considerar as árvores menores, vegetação rasteira no solo e vegetação viva abaixo do solo (raízes), devendo-se incluir também a vegetação morta, tanto acima como abaixo do solo, em pé ou caída. Essa preocupação é também considerada por FEARNSIDE (1994), visto que a maioria dos valores publicados para biomassa muitas vezes escondem inconsistências, tais como os componentes subterrâneos e mortos. O autor, referenciando BROWN, GILLESPIE e LUGO, (1989) comentou que a realização de amostragens destrutivas produzem valores consistentemente mais altos do que as estimativas volumétricas, visto que trabalhos realizados por muitas pessoas podem ser tendenciosos na escolha do local de estudo, e serem pouco representativos, por exemplo, mais densos e menos perturbados que a média real.

Segundo BROWN, GILLESPIE e LUGO, (1989), os métodos diretos fornecem estimativas muito polêmicas, em função das estimativas estarem baseadas em dados de poucas parcelas, demasiadamente pequenas e conseqüentemente com poucas árvores grandes e freqüentemente tendenciosas na seleção. Esses autores afirmaram que esta tendenciosidade é devido a determinação de biomassa ser trabalhosa, sendo os trabalhos extremamente pesados e monótonos, o que leva o pesquisador a escolher sempre aquilo que julga ser mais representativo, e também em função de serem poucas as chances de se repetir o trabalho, tendendo por isso a se escolher um sítio mais denso, mais homogêneo e mais fácil de trabalhar. Por estas razões as estimativas baseadas em métodos diretos tendem, segundo estes autores, serem sempre subestimadas. HIGUCHI e CARVALHO JÚNIOR (1994) e FEARNSIDE (1991), contestam as críticas feitas por BROWN, GILLESPIE e LUGO (1989), aos métodos diretos, devido ao fato de se observar que os métodos baseados em inventários

florestais são mais tendenciosos e que suas estimativas, por outro lado, ficam muito aquém de todos os valores já obtidos por meio dos métodos diretos.

Em estudo para verificar as fontes de erros nas estimativas do potencial de carbono, KOEHLER, WATZLAWICK e KIRCHNER (2002) comprovaram as afirmações feitas por HIGUCHI e CARVALHO JÚNIOR (1994), ajustando equações de regressão para gerar estimativas utilizando dados de biomassa originados de amostragem de campo em Floresta Ombrófila Mista, no Estado do Paraná. Na comparação destes dados com as estimativas, observaram que estas subestimam em 12,88% a quantidade de biomassa real. Na estimativa de biomassa real utilizando a equação (4), BROWN, GILLESPIE e LUGO (1989) verificaram uma superestimativa de 27,06%.

$$Y = \exp[-3,1141+0,9719.\ln(\text{dap}^2.\text{htot})] \quad (4)$$

onde:  $\ln$  = logaritmo neperiano;

$\text{dap}$  = diâmetro à altura do peito (cm);

$\text{htot}$  = altura total (m).

Para SANTOS (1996), os dois métodos são alvos de críticas, e as estimativas são desconstruídas. As estimativas de BROWN e LUGO (1990), obtidas com base em inventários florestais feitos nos anos 50 e 60 na Floresta Amazônica, variaram de 90 a 397 t ha<sup>-1</sup>, com média ponderada de 268 t ha<sup>-1</sup>. FEARNSIDE (1991) mencionou as mudanças nas estimativas fornecidas por BROWN e LUGO (1990), que passaram de 155 para 268 t ha<sup>-1</sup>, de 1984 para 1989, as quais se aproximam de sua estimativa, que é 290 t ha<sup>-1</sup> para florestas densas, nenhuma com verdade de campo, comenta o autor.

Melhorar a estimativa da biomassa de florestas tropicais requer uma ampla base de dados, salienta SANTOS (1996). O autor acredita que as estimativas da biomassa com base em inventários de volume de florestas melhorem as estimativas de biomassa total acima do solo, porque os dados de volume de inventário florestal são mais abundantes e são, geralmente, coletados em áreas amostrais grandes, com o uso de um método de amostragem planejado, desenvolvido para representar a população de interesse.

### 2.3 FATORES UTILIZADOS EM ESTIMATIVAS DE BIOMASSA

Fatores de biomassa podem ser definidos a nível de árvores e a nível de talhão, segundo SOMOGYI et al. (2006). A nível de árvores são definidos como:

$$bf = \frac{m_1}{m_2} \quad (5)$$

onde: bf = fator de biomassa a nível de árvore;

$m_1$  e  $m_2$  = medidas apropriadas da árvore.

A nível de talhão são definidos como:

$$BF = \frac{M_1}{M_2} = \frac{\sum_i m_{1i}}{\sum_i m_{2i}} \quad (6)$$

onde: BF = fator de biomassa a nível de talhão;

$M_1$  e  $M_2$  = medidas apropriadas do talhão;

$i$  = é o índice de uma árvore;

$m_{1i}$  e  $m_{2i}$  = medidas apropriadas das árvores do talhão.

SOMOGYI et al. (2006) afirmaram que vários fatores devem ser usados em estimativas de biomassa dependendo dos dados disponíveis (árvores ou talhões) e da estimativa desejada. Em casos mais simples e quando são utilizados dados de densidade da madeira, utiliza-se somente um fator de conversão. Onde é necessário a estimativa total de biomassa, mas apenas dados de biomassa comercial estão disponíveis, utiliza-se um fator de expansão. Nestes casos, a conversão e expansão podem ser feitas de várias maneiras, por exemplo, quando se deseja a estimativa da biomassa total de uma árvore acima do solo, quando somente o volume comercial é disponível:

a) expansão do volume comercial para o volume total da árvore, seguida pela conversão para biomassa;

b) conversão do volume comercial da árvore para a biomassa comercial, seguida pela expansão para a biomassa total;

c) conversão e expansão do volume comercial da árvore para a biomassa total da árvore, em um único passo.

Portanto, fatores de biomassa podem ter apenas um componente de expansão ou um componente de conversão, ou ambos podem estar incluídos em um valor combinado.

Estes exemplos podem ser melhor entendidos observando-se a Figura 1.

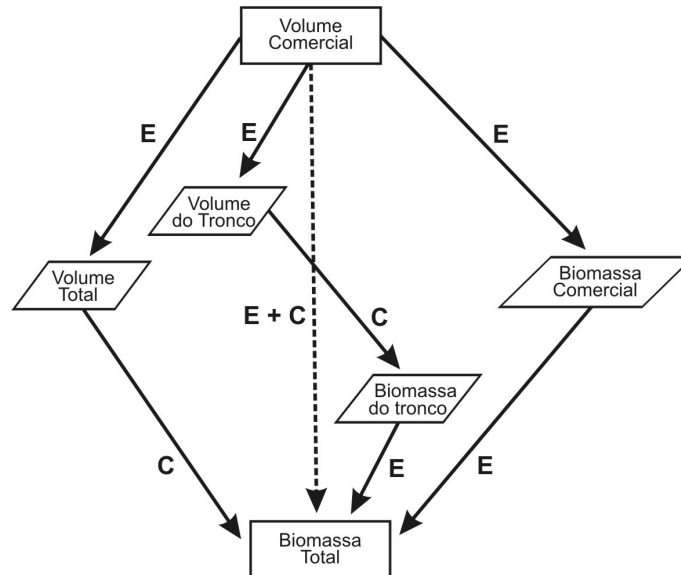


FIGURA 1 -VÁRIAS MANEIRAS DE SE ESTIMAR A BIOMASSA TOTAL A PARTIR DO VOLUME COMERCIAL. “E” SIGNIFICA EXPANSÃO E “C” CONVERSÃO. FONTE: SOMOGYI et al. (2006).

O fator de expansão pode ser função apenas do dap, como também do dap e da altura. Os fatores como função apenas do dap são consideravelmente maiores que os fatores como função do dap e a altura, refletindo em uma superestimativa do total de biomassa acima do solo (BROWN, GILLESPIE e LUGO 1989). Estes autores ainda mencionaram que como o total da biomassa acima do solo é sempre positiva, e a biomassa comercial de uma árvore pequena pode ser zero, a relação entre estas duas variáveis pode tender ao infinito. SOMOGYI et al. (2006) afirmaram que estes fatores além de serem função do dap e da altura, variam também de acordo com a espécie, tipo e localização de uma floresta.

SHARP, LIETH e WHIGHAM, (1975) estimando biomassa em uma floresta na Carolina do Norte (USA), com base em dados de inventário florestal, usaram para a constante BEF um valor de 2,0. JOHNSON e SHARPE (1983) analisaram a variação deste fator para a maioria dos tipos florestais dos EUA e Canadá, observando que estes valores variaram por tipo florestal e classes de tamanho entre 2,1 a 5,0. BROWN e LUGO (1984) aplicaram dois diferentes valores para este fator (1,6 e 3,0), para uma estimativa de biomassa em florestas tropicais abertas e fechadas respectivamente.

BROWN et al. (1989) aplicaram para este fator, o valor de 1,74 para todas as florestas que estocam mais de 190 de biomassa nos fustes acima de 10 cm de dap, e para as florestas com estoque menor que este valor, este fator foi determinado pela equação “ $FEB = \exp\{3,213 - 0,506 \cdot \ln(\text{biomassa dos fustes})\}$ ”. Os valores destes fatores propostos foram obtidos pela relação entre a biomassa total das árvores e a biomassa dos fustes, sendo a biomassa total das árvores obtida pela equação “ $\text{biomassa seca} = 0,0899 (\text{dap}^2 \cdot H \cdot S)^{0,9522}$ ”, onde dap = diâmetro à altura do peito, H = altura total da árvore e S = densidade básica da madeira. A biomassa dos fustes foi obtida pela multiplicação do volume dos fustes pela densidade básica da madeira. KAUPPI, MIELIKAINEN, KUSELA (1992) estimando estoque de biomassa e carbono em florestas da Europa, usaram este fator entre o intervalo de 0,6 a 0,8.

Um exemplo do emprego destes fatores em uma equação para estimar biomassa acima do solo a partir de dados de volume, pode ser visto da seguinte forma, segundo BROWN (1997):

$$BAS(t) = V \cdot WD \cdot BEF \quad (7)$$

onde: BAS = biomassa acima do solo (t);

V = volume (m<sup>3</sup>);

WD = densidade média da madeira (g/cm<sup>3</sup>);

BEF = fator de expansão de biomassa.

## 2.4 MODELOS UTILIZADOS EM ESTIMATIVAS DE BIOMASSA FLORESTAL

Um dos principais objetivos em inventários florestais, segundo COUTO e VETTORAZZO (1999), é a obtenção de estimativas de volume ou massa, sendo para isso muito utilizado modelos matemáticos ou equações de volume ou massa, comercial ou total, que têm geralmente a seguinte forma funcional:  $Y = f(d, h)$ , sendo Y o volume (v) ou a massa (m) individual da árvore, d é o dap e h é a altura total da árvore. Essas equações de volume e massa servem para estimar volumes e massas individuais de árvores e, com base em um método de amostragem, pode-se estimar o volume ou massa de um povoamento florestal (SPURR, 1952; VEIGA, 1981).

Para VANCLAY (1994), as equações usadas para estimar biomassa são empíricas, pois descrevem o comportamento da variável resposta sem tentar identificar as causas ou



explicar os fenômenos. Para que estas equações forneçam estimativas biologicamente realistas, devem ser formuladas de forma a se comportarem de modo biologicamente realista dentro da amplitude de condições possíveis. Na obtenção da massa de matéria seca dos diferentes componentes da biomassa e sua extrapolação para uma unidade padrão ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) é preciso relacionar os dados das massas com caracteres biométricos, tendo assim uma relação chamada “alométrica” (WHITAKKER e WOODWELL<sup>3</sup>, 1971; RUSSO<sup>4</sup>, 1983; KRAPFENBAUER e ANDRAE<sup>5</sup>, 1983) citados por (CAMPOS, 1991). Segundo CROW e SCHLAEGEL (1988), as variáveis mais comumente utilizadas em equações de biomassa são o diâmetro à altura do peito (dap) e a altura total, podendo em muitos casos serem combinadas, gerando a variável ( $\text{dap}^2\text{h}$ ).

Com relação ao número de variáveis independentes, HIGUCHI et al. (1998) citaram que modelos de equações alométricas, com apenas uma variável independente (dap) apresentaram resultados tão consistentes quanto aos modelos que utilizavam também a altura (h). No entanto, SANTOS (1996), afirmou que uma equação de biomassa que considera tanto o diâmetro quanto a altura deve produzir estimativas melhores do que uma equação que utiliza apenas o diâmetro, por causa da informação adicional fornecida pelo conhecimento da altura.

A maioria das estimativas de biomassa viva acima do solo está baseada em avaliações da estrutura da floresta, com medidas de diâmetro, altura e densidade da madeira. É preciso também conhecer a organização espacial das diferentes manchas estruturais de vegetação, como as clareiras, e as diferentes fitofisionomias existentes. Tais variações são atribuídas aos diferentes tipos de solo, aos nutrientes disponíveis, ao clima, ao regime de distúrbios, ao estágio de sucessão, à posição topográfica e ao uso anterior da terra (CLARK e CLARK, 2000). Neste sentido, CROW e SCHLAEGEL (1988) afirmaram que a maioria das equações de regressão para biomassa é desenvolvida para sítios específicos, não sendo aconselhável sua utilização para outras localidades. CHAVE et al. (2005), citaram as principais variáveis preditoras utilizadas nos estudos de biomassa, em ordem decrescente de importância: diâmetro do tronco, densidade da madeira, altura total e tipo florestal.

---

<sup>3</sup>WHITAKER, R. H. & WOODWELL, G. M. Measurement of net primary production of forest. In: UNESCO. Productivity of forest ecosystems. Proceedings Brussels Symposium, 1971.

<sup>4</sup>RUSSO, R.O. **Mediciones de biomassa em sistemas agroflorestales**. Turrialba, Costa Rica. CATIE, 1983. 27 P.

<sup>5</sup>KRAPFENBAUER, A. & ANDRADE, F. Inventário de um reflorestamento de araucária de 17 anos em Passo Fundo, RS. Parte I: Inventário de Biomassa. In: Pesquisas austro-brasileiras 1973-1983 sobre *Araucaria Angustifolia*, *Podocarpus lamberti* e *Eucalyptus saligna*. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1983, p. 16-29.

Uma variedade de modelos de regressão têm sido utilizada na estimativa de biomassa total ou por componente de uma árvore (fuste, galhos, folhas). CROW e SCHLAEGEL (1988) afirmaram que equações de biomassa podem ter muitas formas, sendo que as mais comumente utilizadas são as do tipo linear e não linear. A escolha de uma destas formas é função da experiência em sua utilização, da relação entre as variáveis ou pela recomendação da literatura. Segundo (PARDÉ<sup>2</sup> 1980, BALDWIN 1987, CLARK 1987, PELZ 1987) estes tipos podem ser escritos na seguinte forma:

$$\text{Linear (erro aditivo): } Y = \beta_0 + \beta_1 + \dots + \beta_j X_j + \varepsilon \quad (8)$$

$$\text{Não Linear (erro aditivo): } Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_j^{\beta_j} + \varepsilon \quad (9)$$

$$\text{Não Linear (erro multiplicativo): } Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_j^{\beta_j} + \varepsilon \quad (10)$$

onde:  $Y$  = total da biomassa ou por componente;

$X_j$  = variável dendrométrica;

$\beta_j$  = parâmetros do modelo;

$\varepsilon$  = termo do erro.

Segundo PARRESOL (1999), normalmente, os dados de biomassa apresentam heterocedasticidade, isto é, a variância do erro não é constante para todas as observações. O modelo linear pode ser ajustado pelo método dos mínimos quadrados, enquanto que no modelo não linear (erro aditivo) utiliza-se procedimentos iterativos na estimativa dos parâmetros. Para o modelo não linear (erro multiplicativo) geralmente é feita uma transformação logarítmica, tornando-o um modelo linear. Nesta forma, os parâmetros são então estimados por mínimos quadrados e quando transformado em modelo logaritmo, a variância do erro geralmente torna-se constante (homocedasticidade).

Este modelo apresenta-se da seguinte forma:

$$\ln Y = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \dots + \beta_j \ln X_j + \ln \varepsilon \quad (11)$$

Na escolha entre uma função linear ou não linear objetivando estimativa de biomassa, CUNIA (1986), afirmou que as lineares possuem algumas vantagens. Assim como a maior parte da teoria estatística tem sido desenvolvida para funções lineares e sendo o método dos mínimos quadrados muito conhecido, a sua aplicação é simples e pode ser estendida para todos os tipos de funções lineares e também na soma das funções de biomassa de cada componente de uma árvore. Outra grande vantagem apontada por este autor é que o erro da função linear de regressão pode ser representado em uma forma conveniente, combinando

facilmente com o erro amostral proveniente do inventário. A única desvantagem da função linear é que não pode ser aplicada para dados que se encontram fora do intervalo amostral, enquanto que a não linear pode ser aplicada nesta região.

Segundo CHAVE et al. (2005), tendo em vista que as florestas tropicais apresentam aproximadamente 300 espécies em um hectare, a utilização de modelos de regressão em estudos de biomassa neste tipo florestal não são feitos por espécie, e sim por grupos de espécies. Estes autores afirmaram que normalmente as informações dendrométricas são extraídas de um pequeno número de árvores que são derrubadas com uma pequena amplitude diamétrica. Isto explica porque dois modelos produzem estimativas diferentes para um mesmo tipo florestal.

As equações alométricas mais comumente utilizadas para a estimativa de biomassa são as propostas por BROWN, GILLESPIE e LUGO (1989), para floresta tropical primária, e por UHL, BUSCHBACHER e SERRÃO (1988), para o caso de floresta secundária, sendo função do dap e da altura total do indivíduo:

$$y = 0,44 * (dap^2 * ht)^{0,9719} \quad (\text{floresta primária}) \quad (12)$$

$$\ln y = -2,17 + 1,02 \ln (dap)^2 + 0,39 \ln ht \quad (\text{floresta secundária}) \quad (13)$$

onde:  $y$  = biomassa aérea (kg/árvore);

$dap$  = diâmetro do caule a 1,3 m de altura do solo (cm);

$ht$  = altura total do indivíduo (m).

Abaixo são descritas algumas equações e seus autores, utilizadas para estimar biomassa acima do solo em regiões tropicais com florestas naturais, a partir de dados de inventário florestal:

$$Y = \exp\{-1,996 + 2,32 * \ln(dap)\} - \text{BROWN, GILLESPIE e LUGO (1989)} \quad (14)$$

$$Y = 10^{\{-0,535 + \log(BA)\}} - \text{MARTINEZ-YRIZAR et al. (1992)} \quad (15)$$

$$Y = 42,69 - 12,800(d) + 1,242(dap^2) - \text{BROWN, GILLESPIE e LUGO (1989)} \quad (16)$$

$$Y = \exp\{-2,134 + 2,530 * \ln(dap)\} - \text{BROWN, GILLESPIE e LUGO (1989)} \quad (17)$$

$$Y = 2,297 - 6,95(d) + 0,740(dap^2) - \text{BROWN E IVERSON (1992)} \quad (18)$$

onde:  $Y$  = biomassa por árvore (kg);

$dap$  = diâmetro à altura do peito (cm);

$BA$  = área basal (cm<sup>2</sup>).

Cumprе mencionar que nas equações (14), (16), (17) e (18), utilizou-se duas classes de  $dap$ :  $< 30$  e  $\geq 30$ cm, com um erro considerado de 5%.

TANIZAKI (2000), com base em estudos anteriores, selecionou a equação alométrica abaixo como sendo adequada a algumas formações da Mata Atlântica como por exemplo, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa.

$$BVAS = 2,718^{(-2,5202+ 2,14*LN(dap)+ 0,4644*LN(ht))} \quad (19)$$

onde:  $BVAS$  = biomassa viva acima do solo (kg);  
 $dap$  = diâmetro à altura do peito (cm);  
 $ht$  = altura total (m).

Muitas pesquisas sobre ajustes de equações de regressão para se estimar biomassa utilizando-se modelos não lineares tem a seguinte forma:

$$\hat{Y} = \beta_1 X^{\beta_2} \quad (20)$$

Colocando o logaritmo natural em cada lado e podendo ser ajustada pelo método dos mínimos quadrados, esta equação fica assim desenvolvida (BROWN, GILLESPIE e LUGO 1989):

$$\ln(Y) = \ln(\beta_1) + \beta_2(\ln(X)) = \alpha_1 + \alpha_2(\ln(X)) \quad (21)$$

De acordo com CHAVE et al. (2005), a estimativa da biomassa acima do solo (AGB) para uma árvore, pode ser realizada pela seguinte expressão:

$$AGB = F \cdot \rho \cdot \left( \frac{\pi D^2}{4} \right) \cdot H \quad (22)$$

onde:  $ABG$  = biomassa acima do solo;  
 $F$  = fator multiplicativo que depende do afilamento da árvore;  
 $\rho$  = densidade específica da madeira ( $g/cm^3$ );  
 $D$  = diâmetro à altura do peito (cm);  
 $H$  = altura total (m).

Em estimativa de biomassa para florestas tropicais da América, Ásia e África, CHAVE et al. (2005), utilizaram os seguintes modelos de regressão:

*Modelo I:*

$$\ln(AGB) = \beta_0 + \beta_1 \ln(dap) + \beta_2 \ln(ht) + \beta_3 \ln \left( \frac{1}{D} \right) \quad (23)$$

onde: AGB: biomassa acima do solo (kg);  
dap: diâmetro à altura do peito (cm);  
ht: altura total (m);  
 $\rho$ : densidade específica da madeira g/cm<sup>3</sup>);  
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ : coeficientes do modelo.

*Modelo II:*

$$\ln(AGB) = \beta_0 + \beta_1 \ln(D) + \beta_2 (\ln(D))^2 + \beta_3 (\ln(D))^3 + \beta_4 \ln(\rho) \quad (24)$$

onde: AGB: biomassa acima do solo (kg);  
D: diâmetro à altura do peito (m);  
 $\rho$ : densidade específica da madeira (g/cm<sup>3</sup>);  
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ : coeficientes do modelo.

Segundo CUNIA (1986), uma questão que não pode deixar de ser mencionada quando se utiliza funções de regressão para estimativa de biomassa, é aquela relacionada aos erros que estão inseridos nestas estimativas. Para este autor, estes erros são originados, por exemplo, durante o processo de seleção das árvores amostrais e a coleta dos dados, que, quando realizado em diferentes ocasiões, poderá gerar ajustes com diferentes resultados; medições das mesmas amostras feitas em diferentes ocasiões por equipes distintas; a utilização de diferentes modelos de regressão diante do mesmo conjunto de dados; utilização de um mesmo modelo de regressão para várias populações florestais.

Para a seleção dos melhores modelos, podem ser adotados os seguintes critérios segundo (COUTO, 1977; DRAPER e SMITH, 1981; AHRENS, 1983; CAMPOS, TREVIZOL JÚNIOR e PAULA NETO, 1985; MONTGOMERY e PECK, 1982):

- a) exame do quadro da análise de variância, soma de quadrados dos resíduos (SQR), quadrado médio dos resíduos (QMR) e teste “F” para o modelo completo e teste “F” seqüencial;
- b) análise das medidas de exatidão: coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro padrão da estimativa ou erro padrão residual ( $S_{yx}$ ) e erro padrão da estimativa expresso como uma porcentagem da média aritmética da variável dependente ( $S_{yx}\%$ ), sendo, neste caso, interpretado de forma análoga ao coeficiente de variação;
- c) distribuição gráfica dos valores residuais;

d) exame das estimativas dos parâmetros da equação pelo teste t.

SCHLAEGEL (1982)<sup>6</sup> citado por CROW e SCHLAEGEL (1988) recomendou que sejam consideradas uma série de estatísticas para a avaliação do melhor ajuste quando se pretende comparar modelos para estimativas de biomassa:  $R^2$  (coeficiente de determinação);  $S_e$  (erro padrão da estimativa); CV (coeficiente de variação); I (índice de Furnival); S(%) (erro padrão em porcentagem);  $P_e$  (erro percentual) que representa a diferença relativa em porcentagem entre a massa estimada e a massa real; intervalo de confiança dos valores preditos.

KOEHLER, WATZLAWICK e KIRCHNER (2002), estudando biomassa e carbono em uma Floresta Ombrófila Mista, no Estado do Paraná, Brasil, elaboraram um gráfico sobre a relação entre a biomassa total de cada árvore e o seu dap objetivando determinar a amplitude e a forma da relação entre estas variáveis bem como obter uma estimativa inicial da homogeneidade da variância condicional. Construíram também um gráfico da distribuição dos resíduos da equação de regressão ajustada para estimar a biomassa total.

SANQUETTA et al. (2001) e WATZLAWICK et al. (2001) testando modelos para *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, espécie do gênero Araucária (Bertol.) Kuntze, respectivamente, em povoamentos florestais no sul do estado do Paraná, Brasil, utilizaram as estatísticas “erro padrão da estimativa” e “coeficiente de determinação” na escolha de equações para fuste.

SANQUETTA (2002) salientou que no ajuste de equações em estudos de biomassa e carbono, deve-se ter o cuidado sempre de avaliar com justiça as melhores equações, por meio da avaliação das estatísticas indicadoras de qualidade de ajuste (erro padrão da estimativa, coeficiente de determinação), além de um exame gráfico do comportamento dos resíduos.

Em um trabalho sobre quantificação da biomassa em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara, Estado do Rio Grande do Sul, VOGEL, SCHUMACHER e TRÜBY (2006), utilizaram as estatísticas coeficiente de determinação e erro padrão da estimativa como critério para a escolha das equações na estimativa da biomassa para os diversos componentes das árvores.

---

<sup>6</sup> SCHLAEGEL, B. E. 1982. **Testing, reporting, and using biomass estimation models.** P. 95-112 in Proc. 1981 southern forest biomass workshop.

## 2.5 QUANTIFICAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO

O armazenamento de carbono em ecossistemas florestais é uma informação fundamental para se estudar a troca deste elemento entre estes ambientes e a atmosfera, e um dado essencial na estimativa da absorção e emissão deste elemento por estes ambientes (WANG e ZONGWEI, 1995). SMITH et al. (2004), mencionaram que estudos sobre seqüestro de carbono são importantes na avaliação de uma floresta como recurso natural, como também na relação entre mudanças climáticas e o acúmulo de gases do efeito estufa na atmosfera, uma vez que as florestas removem o dióxido de carbono da atmosfera e o estocam na forma orgânica.

A madeira não é uma substância química uniforme ou definida. Ela é formada por um agregado de componentes orgânicos e inorgânicos, muitos dos quais ainda desconhecidos. FRIZZO e SILVA<sup>7</sup> (1998) citados por WATZLAWICK et al. (2004), complementaram dizendo que a quantidade destes componentes varia de uma espécie para outra, dentro de uma mesma espécie vegetal, de região para região, em uma mesma árvore e até mesmo de uma célula para outra, e que de uma maneira geral, a composição química da madeira tanto de folhosas como coníferas apresentam cerca de 50% de C, 6% de H e 44% de O, pequenos teores de N e minerais determinados como cinzas, os quais são desprezados quando se relaciona os teores destes elementos no sentido geral.

Em geral há duas diferentes maneiras de se mensurar as perdas ou o acúmulo de carbono em uma região, segundo LINDNER e KARJALAINEN (2007): mensurando as mudanças no estoque e mensurando o fluxo de entrada e a saída. Alternativas metodológicas tem sido desenvolvidas para se medir o fluxo deste elemento em ecossistemas, como por exemplo, o estudo de modelos que medem a sua concentração na atmosfera, a utilização do sensoriamento remoto, modelos de simulação e modelos que relacionam a retenção de nitrogênio e carbono em ecossistemas. A metodologia padrão utilizada atualmente para se fazer estas mensurações, baseia-se em dados de inventário florestal. Para se estimar a mudança em estoque, por exemplo, são utilizados dados de inventários florestais consecutivos. HU, LIU e JIAO (2007), estudaram a variação no estoque de carbono nas florestas da China com base em dados de inventário florestal obtidos a cada três anos, entre 1973 e 2003.

---

<sup>7</sup>FRIZZO, S. M. B.; SILVA, M.G. Composição química da madeira. In: apontamentos de química da madeira. Santa Maria: UFSM/Departamento de Química, 1998. p. 3-17.

A partir de dados de inventário florestal, pode-se determinar relações alométricas que utilizam variáveis como fator de expansão de biomassa e densidade média de carbono por espécie ou por tipo florestal, que convertem volume de madeira em biomassa e posteriormente em carbono (LINDNER e KARJALAINEN, 2007).

SMITH et al. (2004), afirmaram que dependendo do detalhamento de um inventário florestal, tais estimativas podem ser classificadas em três grupos: por área, onde leva-se em consideração avaliações por região, por tipo florestal ou classes de volume; a nível de talhão onde são utilizados dados medidos ou calculados como volume e idade; a nível de árvores onde há a disponibilidade de dados mais específicos obtidos por amostragem.

HIGUCHI et al. (2004) afirmaram que a estimativa de estoque de carbono pode ser obtida pelo produto da biomassa florestal pela concentração de carbono. A concentração de carbono na vegetação obtida por HIGUCHI e CARVALHO JÚNIOR (1994), está em torno de 48%, valor este que está dentro dos limites de concentrações em florestas tropicais, entre 46 e 52%.

Segundo SCHNEIDER et al. (2004), o teor desse elemento tem sido considerado constante, variando pouco entre as diversas espécies já estudadas. WANG<sup>8</sup> et al. (2001) citado por SCHNEIDER et al. (2004), na determinação do estoque de carbono na China, utilizaram um fator linear de concentração de carbono igual a 0,45, e aplicaram um fator de conversão do volume em biomassa florestal para cada grupo florestal do país. Mencionaram que esta conversão pode ser influenciada por fatores como idade e o sítio. Para KOEHLER, WATZLAWICK e KIRCHNER (2002), o uso de fatores para espécies da qual não se conhece o verdadeiro teor pode levar a resultados de sub ou superestimativas do estoque de carbono.

Segundo SCHNEIDER et al. (2004), no Inventário Ecológico e Florestal da Espanha foram levantadas as quantidades de madeira, biomassa, nutrientes e carbono. A quantidade de carbono variou por fração da parte aérea para cada espécie, bem como entre coníferas e folhosas. As madeiras de coníferas apresentaram 49,9 a 51,1 g de carbono por cada 100 g de madeira (massa seca), enquanto que as folhosas apresentaram valores médios entre 47,2 e 48,6 g de carbono para cada 100 g de madeira (massa seca). Os autores salientaram que estimativas de estoque de carbono com base em dados de inventário florestal são preferíveis à maioria das outras fontes de informação, porque consegue-se abranger, com maior realidade,

---

<sup>8</sup> WANG, X., FENG, Z., OUYANG, Z. The impact of human disturbance on vegetative carbon storage in Forest ecosystems in China. *Forest Ecology and Management*. V.148, p.117-123. 2001.



as fontes de variação dos dados básicos acerca do volume por hectare, em todos os tipos florestais e sob diferentes condições biológicas.

Um dos métodos mais usados para estimar o estoque de carbono em florestas, por reduzir as incertezas nas estimativas, é o método de derivação do volume em biomassa e carbono. Tal método foi utilizado nas florestas boreais do Canadá (APPS e KURZ, 1994), florestas dos Estados Unidos da América (TURNER et al. 1995), florestas da Rússia (ALEXEYEV et al. 1995) e florestas da China (FAN et al.<sup>9</sup> 1998) citados por SCHNEIDER et al. (2004). Neste método, determina-se um fator de conversão para se estimar o estoque de carbono da vegetação obtido pela proporção entre a biomassa e o volume da floresta, variando com o tipo florestal (espécies), região (qualidade do sítio), estágio de desenvolvimento (classe de idade) e atividade humana, sendo necessário conhecer a densidade básica da madeira, o conteúdo de carbono e a proporção do volume para a biomassa total.

Na estimativa do estoque de carbono em povoamentos equiâneos de *Acacia mearnsii*, na região da Encosta Inferior do Sudeste, no estado do Rio Grande do Sul, utilizando o método de derivação do volume em biomassa e carbono, SCHNEIDER et al. (2005) afirmaram que este método mostrou-se eficiente na determinação do estoque de carbono, pois a diferença relativa média foi de apenas 4,4%, quando considerada toda a amostragem e independência da idade dos povoamentos. Para esta estimativa, foi utilizada a seguinte expressão:

$$C_i = \sum_{i=1}^n \{ (V_i \cdot D_{bi} \cdot C_c) / P_{bi} \} \quad (25)$$

onde:  $C_i$  = carbono estocado na  $i$ -ésima idade ou tipo florestal;

$V_i$  = estoque real inventariado na  $i$ -ésima idade ou tipo florestal, em  $m^3 \text{ ha}^{-1}$ ;

$D_{bi}$  = densidade básica da madeira da  $i$ -ésima idade, em  $\text{g/cm}^3$ ;

$P_{bi}$  = proporção de biomassa do tronco com casca em relação à biomassa total na  $i$ -ésima idade ou tipo florestal;

$C_c$  = concentração de carbono;

$n$  = número de idades ou tipos florestais.

Visando analisar a contribuição das plantações florestais chilenas (representadas pelas espécies *Pinus radiata* do gênero *Pinus* e *Eucalyptus globulus* do gênero *Eucalyptus*) na

---

<sup>9</sup> FANG, J.; WANG, G. G.; LIU, G.; XU, S. Forest biomass of Masson pine in Huitong, Human Province. *Forest Resources*. V.1, p.117-134. 1998.

fixação de carbono atmosférico no ano de 1995, MERY e KANNINEN<sup>10</sup> (1998) citados por BARRA (2002), desenvolveram o seguinte modelo para estimar este elemento:

$$C = V \cdot \rho \cdot c \cdot \alpha \quad (26)$$

onde: C = Carbono total nas árvores (t);

V = volume total (m<sup>3</sup>);

$\rho$  = Densidade média da madeira seca (g/cm<sup>3</sup>);

c = 0,5 (conteúdo de carbono na biomassa);

$\alpha$  = 1,89 (fator de expansão da biomassa do fuste a biomassa total).

A fixação de carbono nas duas espécies estudadas alcançou 92 milhões de toneladas de carbono, gerando um valor médio por hectare de 48,8 toneladas.

Com o objetivo de quantificar o volume de carbono em uma floresta manejada de forma sustentada e compará-lo com as emissões anuais de origem antropogênica no estado alemão de Rhein-Pfalz, SCHÖNE e SCHULTE (1999) relataram que as florestas armazenam em média 250 t ha<sup>-1</sup> de carbono, quantidade equivalente às emissões de 20 anos naquele estado. O armazenamento de carbono foi quantificado considerando a quantidade de biomassa da parte aérea, do solo, na serapilheira, no húmus, nos produtos da madeira e nas árvores mortas. Nesta estimativa foi utilizada a seguinte equação:

$$C = V \cdot Db \cdot Fb \cdot Fc \quad (27)$$

onde: C = carbono em toneladas;

V = volume em m<sup>3</sup> sem casca;

Db = densidade básica da madeira – t m<sup>-3</sup>;

Fb = fator de expansão para correção do volume em massa seca de toda a biomassa de um povoamento e a massa seca do volume comercial;

Fc = fator para a determinação da massa seca da biomassa em Carbono (0,50).

HIGUCHI e CARVALHO JÚNIOR (1994) analisando várias espécies da floresta tropical úmida densa de terra firme, na região de Manaus-AM, obtiveram as seguintes conclusões sobre o teor médio de carbono: tronco (48,4%), liteira (39,3%), plântulas (46,5%), mudas (49,3%) e para os galhos vivos (46,8%).

<sup>10</sup> MERY, G.; KANNINEN, M. Las plantaciones forestales y el secuestro de carbono en Chile. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO IUFRO, 1., 1998. Valdivia, Chile. 1998. CD-ROM.

Para BIRDSEY (1992), estimativas de carbono em estudos passados como os de HOUGHTON et al. (1985) apontam um intervalo de 45 a 50% da biomassa. Porém, KOCH (1989) afirma que, para os Estados Unidos, de uma maneira geral, a porcentagem média de carbono para madeira mole é de 52,1% e para madeira dura é de 49,1, com alguma variação conforme a região. O fator final usado na conversão de volume (pé cúbico) em carbono (libra) ficou entre 11,41 a 17,76 para madeiras moles e 11,76 a 19,82 para madeiras duras. Este fator é obtido multiplicando-se a densidade específica da madeira pelo peso de um pé cúbico de água (64 libras ou 29,03 kg) pela porcentagem de carbono, e sua unidade é g/cm<sup>3</sup>.libra.

Na estimativa de carbono estocado no fuste de árvores de eucalipto, SOARES et. al (2005) utilizaram o modelo linearizado de SCHUMACHER e HALL (1993)<sup>11</sup> com as respectivas medidas de diâmetro à altura do peito (dap) e altura total (ht):

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln dap + \beta_2 \ln ht + \varepsilon \quad (28)$$

onde:  $\ln$  = logaritmo neperiano;

$Y$  = carbono total no fuste (madeira seca) – CF, ou carbono na madeira – CM, em kg;

$\beta_i$  = parâmetros do modelo, para  $i = 1, 2$  e  $3$ ;

$\varepsilon$  = erro aleatório;

$dap$  = diâmetro à altura do peito (cm);

$ht$  = altura total da árvore (m).

Neste mesmo trabalho, para avaliar a exatidão das equações foram utilizados o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o erro-padrão da estimativa ( $S_{y.x}$ ) e a análise gráfica de resíduos percentuais ( $R\%$ ), obtidos por:

$$R\% = \frac{Y_{est} - Y_{obs}}{Y_{obs}} \cdot 100 \quad (29)$$

onde:  $Y_{est}$  = valor estimado de cada observação;

$Y_{obs}$  = valor observado de cada observação.

---

<sup>11</sup> SHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research*, v.47, n.9, p.719-734, 1993.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

##### 3.1.1 Localização

As áreas florestais estudadas localizam-se entre os paralelos  $27^{\circ} 08' 34''$  e  $27^{\circ} 15' 37''$  latitude sul, e entre os meridianos  $49^{\circ} 11' 57''$  e  $49^{\circ} 17' 28''$  longitude oeste de Greenwich, nos municípios de Apiúna e Presidente Nereu, Estado de Santa Catarina (Figura 3), compostos pelo baixo, médio e alto vale do Rio Itajaí e compreendendo uma área total de 3.799,2 hectares. A área é composta por seis fazendas: Agrião, Estragão, Itajaí-Mirim, Jundiá, Sabiá e Tranqueira. As fazendas Agrião, Itajaí-Mirim e Sabiá pertencem ao município de Presidente Nereu, enquanto que as fazendas Estragão, Jundiá e Tranqueira, pertencem ao município de Apiúna.

FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



### 3.1.2 Clima

Pela classificação de Köppen o clima nesta região é do Tipo Cfa (mesotérmico úmido com verões quentes). No verão suas temperaturas dificilmente alcançam os 40°C, e sua média é de 25°C. No inverno, a temperatura média é de aproximadamente 15°C, mas as mínimas podem atingir valores entre 0°C e 4°C. A média é de 20°C. O clima é geralmente úmido, com média anual de 1.500 mm, sem estação seca definida.

### 3.1.3 Geologia e Geomorfologia

A área de estudo abrange os três domínios geológicos existentes no estado de Santa Catarina, o embasamento catarinense, a bacia sedimentar do Paraná e os sedimentos quaternários recentes (GAPLAN, 1986). O embasamento catarinense, com rochas metamórficas e magmáticas, inclui o embasamento mais antigo (do Arqueano e Proterozóico Inferior), formado pelo Complexo Granulítico de Santa Catarina, pelo Complexo Tabuleiro e pelo Complexo Metamórfico Brusque, que ocorrem na parte Sul das serras litorâneas entre a Serra do Itajaí e a Serra do Tijucas e também ao norte do Rio Itajaí (Complexo Granulítico). O embasamento abrange ainda as rochas areníticas e conglomeradas das Formações Gaspar e Campo Alegre (Grupo Itajaí), numa faixa larga entre Ilhota e Ibirama, e os granitos da Suíte Intrusiva Subida na localidade Subida (em Apiúna e Lontras) e da Suíte Guabiruba e Valsungana, no vale do Itajaí-Mirim. As rochas sedimentares da bacia do Paraná datam do Paleozóico, (Formações Mafra, Rio do Sul e Rio Bonito), e do mesozóico (Botucatu e Serra Geral) e são de origem glacial, marinha e eólica. Entre elas destacam-se os arenitos, argilitos, folhelhos e siltitos, freqüentes no planalto sedimentar do Alto Vale do Itajaí. Este encontra seu limite geográfico ao oeste e ao sudeste da borda do planalto vulcânico formado pelo derrame basáltico. Os sedimentos quaternários são depósitos fluviais recentes, (holocênicos e pleistocênicos), que se encontram nas planícies aluviais dos rios Itajaí-Mirim, e, em pequena extensão, depósitos marinhos, na região da foz do Itajaí.

Os três domínios geológicos determinam também as três grandes unidades geomorfológicas da bacia do Itajaí: a porção ocidental do planalto dos sedimentos da Bacia do Paraná, com os antiplanos escalonados com as suas escarpas (Rio do Sul, Laurentino e Presidente Getúlio); a porção oriental das serras litorâneas com fortes contrastes topográficos do embasamento catarinense, com vales profundos encaixados pelos principais cursos d'água

e um relevo muito movimentado; as planícies aluviais da zona sedimentar recente com os meandros dos Rios Itajaí-Açu e Mirim (VIBRANS, 2003).

#### 3.1.4 Vegetação

Segundo IBGE (1992), KLEIN (1978) e VELLOSO et al. (1990), a vegetação original da bacia do Itajaí é, em sua maior parte, uma densa floresta pluvial tropical, chamada Floresta Ombrófila Densa. Embora localizada em zona de clima subtropical, esta floresta mostra todas as características da floresta pluvial tropical: grande riqueza específica, onde foram encontradas 359 espécies arbóreas e arbustivas, pertencentes a 72 famílias (SEVEGNANI et al. 2003). Em alguns lugares, nas altitudes maiores que 800 metros, essa floresta é interrompida por trechos da floresta dos pinheiros (Floresta Ombrófila Mista) e por campos naturais.

KLEIN (1978) descreve detalhadamente a flora e a vegetação da bacia do Itajaí. O autor reconhece quatro formações da Floresta Ombrófila Densa, com aspectos e composição de espécies diferentes: a das terras baixas, nas planícies aluviais até uma altitude de 30 metros, onde espécies importantes do seu extrato arbóreo superior são *Callophyllum brasiliense* (olandi), *Clusia criuva* (mangue de formiga), *Ficus organensis* (figueira-da-folhamiúda), *Coussapoa microcarpa* (figueira-mata-pau), *Myrcine umbellata* (capororocão), *Tapirira guianensis* (cupiúva); a submontana, em altitudes entre 30 e 400 metros, que tem como espécies características típicas: *Sloanea guianensis* (laranjeira-do-mato), *Alchornea triplinervea* (tanheiro), *Ocotea catharinensis* (canela-pinho), *Aspidosperma cf. olicaceum* (peroba), *Virola oleifera* (bicuíba), *Myrcia pubipetala* (guaramirim-branco), *Hieronyma alchormeoides* (licurana), e *Talauma ovata* (bagaçu); a montana, entre 400 e 800 metros, cunhada pela presença de *Duguetia lanceolata* (pindabuna), *Ormosia arborea* (pau-de-santo-inácio), *Ocotea odorifera* (canela-fogo), *Protium kleinii* (almesca), *Copaifera trapezifolia* (pau-óleo) e *Pterocarpus violaceus* (sangueiro) e finalmente a altomontana, localizada acima de 800 metros de altitude, com a presença marcante de *Podocarpus sellowii* (pinheiro-bravo), *Weinmania pauliniiifolia* (gramimunha), *Lamanonia speciosa* (guaraperê), *Tibouchina kleinii* (quaresmeira), *Prunus brasiliensis* (pêssego-bravo) e *Roupala brasiliensis* (carvalho-vermelho).

### 3.2 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

Visando possibilitar um melhor entendimento de todas as fases do trabalho, foi desenvolvido o fluxograma apresentado na Figura 2.

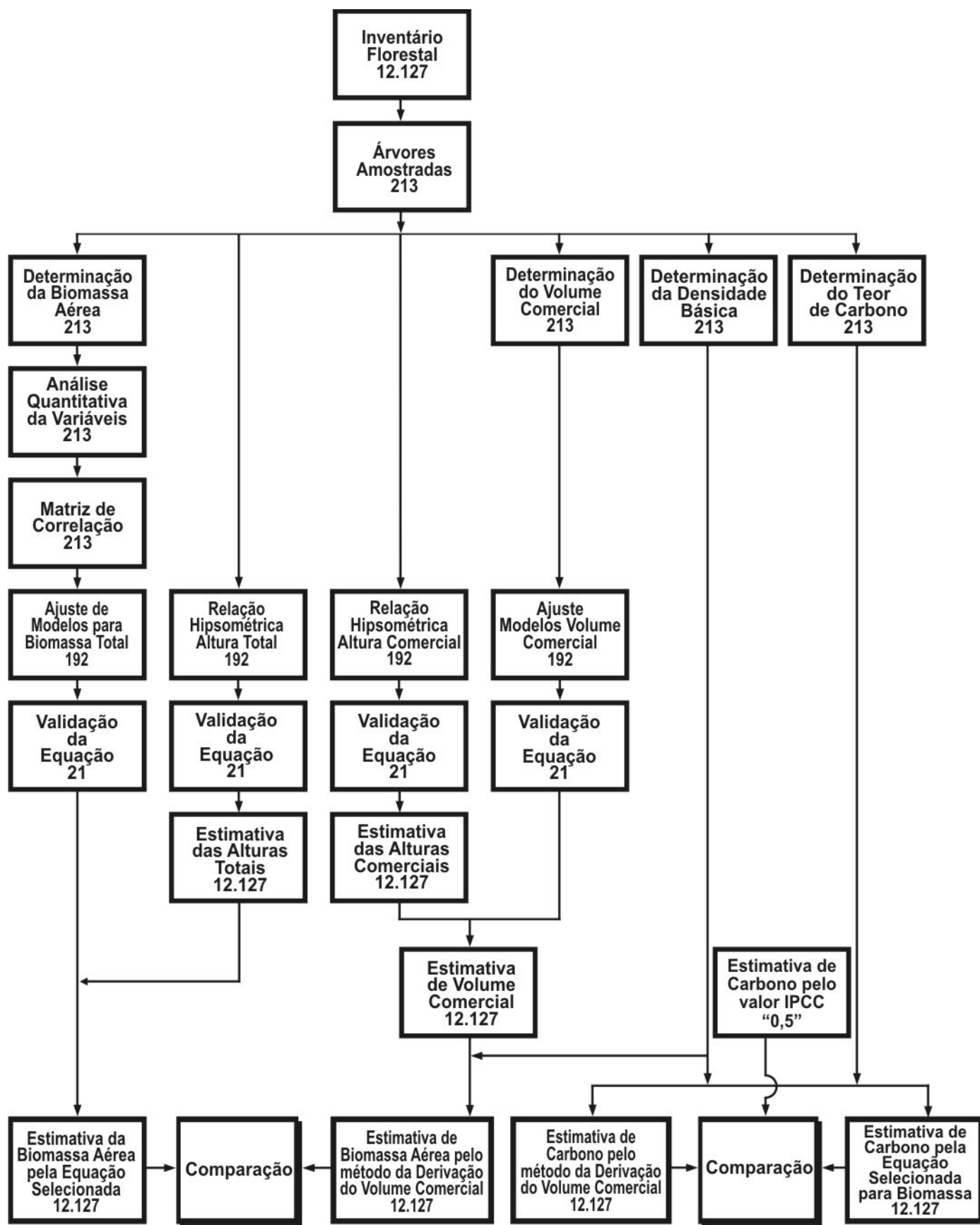
De um inventário florestal, foram coletadas informações de dap em 48 amostras, distribuídas em toda área de estudo. Deste inventário, foram escolhidas 213 árvores amostradas pelo método destrutivo, nas quais foram determinadas a biomassa total, a cubagem para volume comercial, determinação das densidades básicas, determinação dos teores de carbono, medições das alturas e dos diâmetros.

Para conhecer melhor as variáveis envolvidas no estudo, realizou-se uma análise exploratória quantitativa, sendo em seguida construída uma matriz de correlação para a escolha das variáveis a serem utilizadas nos ajustes dos modelos. Após a escolha das variáveis, foram realizados os ajustes de modelos para estimar, altura total, altura comercial, volume comercial e biomassa total em 90 % do total das árvores amostradas (192), utilizando os 10% restantes (21), para fazer a validação do modelo selecionado.

Com as equações selecionados para a estimativa de altura total e comercial, foram estimadas estas alturas nas 12.127 árvores inventariadas, realizando-se em seguida a estimativa da biomassa total e volume comercial por árvore. Utilizando as estimativas de volume comercial, determinações das densidades básicas das espécies, e com as informações sobre os fatores de expansão médio, por espécie e por classes de dap, estimou-se biomassa total por árvore. Em seguida comparou-se estas estimativas, com as realizadas pela equação selecionada para biomassa.

As primeiras estimativas de carbono nas árvores inventariadas foram feitas utilizando as estimativas de biomassa pela equação selecionada selecionada, as quais foram multiplicadas pelos teores de carbono como também pelo valor default de “0,5” sugerido pelo IPCC. As demais foram feitas pelo modelo proposto por SCHÖNE e SCHULTE (1999), o qual utilizou os teores de carbono, as densidades básicas e os fatores de expansão, sendo em seguida realizada a comparação de todas as estimativas com as do modelo selecionado para biomassa.

FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES





### 3.3 BASE DE DADOS

Os dados do presente trabalho foram originados de um projeto de pesquisa denominado “Inventário Florestal com Quantificação da Biomassa e Estoque de Carbono em Floresta Ombrófila Densa” realizado pela Companhia Hemmer Indústria e Comércio, proprietária de áreas florestais nos municípios de Apiúna e Presidente Nereu, no estado de Santa Catarina. O interesse no desenvolvimento deste projeto foi em função da necessidade desta empresa em conhecer melhor as florestas de sua propriedade, principalmente no que se refere à capacidade volumétrica de madeira, quantificação de biomassa e armazenamento de carbono.

A população inventariada possui uma área total de 3.799,2 ha, onde existem seis fazendas com reflorestamentos de *Pinus* spp., que foram desconsiderados da área total, perfazendo, portanto, um total de 3.323,7 ha de área com floresta natural.

O sistema de amostragem escolhido, considerando-se as condições da área amostrada, observada por um inventário piloto, foi o Método da Área fixa, utilizando um Processo de Amostragem Sistemática em Dois Estágios, utilizando amostras alocadas de forma equidistantes, a cada 900 metros, conforme recomendam PÉLLICO NETTO e BRENA (1997). A unidade de amostra utilizada apresentou o formato retangular, com 30 metros de largura por 90 metros de comprimento, perfazendo uma área de 2.700 m<sup>2</sup>. Todas as árvores pertencentes à amostra e que possuíam dap maiores de 10 cm foram identificadas e medidas obedecendo-se os critérios determinados no Formulário de Inventário Florestal (ANEXO I).

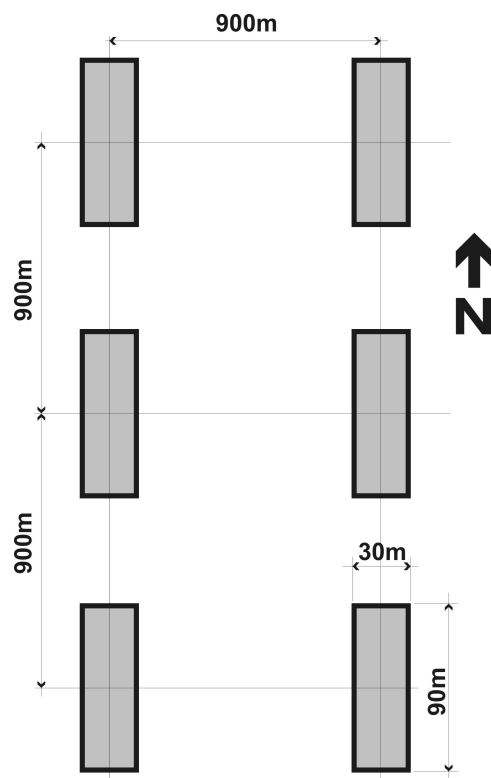
A intensidade de amostragem, em número de unidades necessárias para estimar os parâmetros da população, requerida para atingir o erro de amostragem e a probabilidade desejada, foi calculada com base em dados coletados em inventários florestais prévios pontuais realizados na área do projeto. Após os cálculos dos volumes individuais, dos volumes de cada unidade de amostra bem como de suas estatísticas, determinou-se a intensidade amostral, para diferentes níveis de probabilidade desejada.

Diante dos resultados obtidos, optou-se por realizar 48 amostras de 30 metros x 90 metros (2700 m<sup>2</sup>) para um erro de 20%, pois esse número assegura uma exatidão maior para o nível de probabilidade desejado (80%).

Uma vez determinado o número de amostras, estas foram locadas de forma sistemática e equidistantes entre si a uma distância de 900 metros, com sentido de orientação SUL/NORTE, conforme ilustra a Figura 4, marcadas sobre um mapa reticulado da área, sendo localizadas no campo por meio da utilização de um aparelho de GPS (Geographical

Positioning System) de navegação tendo como base as coordenadas UTM de cada amostra previamente marcada.

FIGURA 4 – ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DAS UNIDADES DE AMOSTRA



Para a identificação das espécies, foi coletado material botânico das espécies encontradas com dap's maiores de 10 cm. Esta identificação foi realizada por especialistas da Universidade Federal do Paraná, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, da Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Regional de Blumenau e do Herbário Barbosa Rodrigues em Itajaí-S.C. Todas as espécies identificadas estão relacionadas na Listagem de Espécies (ANEXOS II, III, IV E V).

### 3.4 AMOSTRAGEM DESTRUTIVA

Para as determinações de biomassa e carbono, e, visando selecionar indivíduos que melhor representassem a variação diamétrica das espécies, foram abatidas um total de 213 árvores de 77 espécies diferentes, com um dap maior ou igual a 10 cm, representando 1,64% do número total de indivíduos amostrados no inventário florestal. Estas árvores foram selecionadas a partir dos resultados obtidos no inventário florestal realizado na área, tendo

como critérios as espécies que apresentaram maior frequência e maior índice de valor de importância (IVI), levando-se em consideração aspectos de custo e de menor dano ambiental. As espécies de alto valor econômico ou ecológico não foram abatidas. Todas as informações extraídas de cada árvore estão especificadas no Formulário de Biomassa Florestal e Cubagem (ANEXO VI).

Para se conhecer a distribuição diamétrica destas árvores, realizou-se uma análise preliminar, elaborando uma tabela de distribuição de frequência por classes de dap. A frequência por espécie destas árvores bem como a divisão por classes de dap são apresentadas respectivamente nas Tabelas 1 e 2.

A definição do número de classes de diâmetro foi feita utilizando a fórmula de Sturges, apresentada e discutida por ANGELINI e MILONE (1993).

$$N^{\circ} \text{ de classes} = 1,0 + 3,3 \log(N) \dots \dots \dots (30)$$

Onde N é o número de informações disponíveis.

TABELA 1 – FREQUÊNCIAS POR ESPÉCIE

Espécie	Frequência	Espécie	Frequência
alma-da-serra	2	guamirim-folha-miúda	3
baga-de-macaco	2	guamirim-pimenta	3
cafezeiro-do-mato	3	guamirim-rola	1
caixeta	3	guamirim-vermelho	1
camboatá-branco	5	guaruvão	2
camboatá-vermelho	1	guaruvinha	1
canela-amarela	3	imbiricu	2
canela-bicho	2	ingá-macaco	3
canela-burra	3	jacatirão	2
canela-burra-da-lomba	3	laranjeira-do-mato	3
canela-fogo	3	licurana	3
canela-papagaio	3	louro-cravo	2
canela-pimenta	2	macuqueiro	4
canela-pinho	3	mandioqueiro	4
canela-sebo	3	maria-faceira	3
canela-taquara	3	maria-mole	3
canemaçu	1	palmito	8
canjerana	3	pau-angelim	3
capororoca	3	pau-óleo	3
capororocão	3	pau-rosa	2
carne-de-vaca	2	pela-cavalo	2
carvoeiro-branco	2	peroba	3
carvoeiro-vermelho	1	pessego-bravo	1
caúna	2	pixirica	2
cedro	3	pixiricão	3
coração-de-bugre	2	sassafrás	3
cortiça-crespa	3	seca-ligeiro	2
cortiça-preta	3	tanheiro	1
cutia	1	tanheiro-folha-caída	4
esparela	3	vassourão-branco	2
gaioleiro	1	vassourão-d'água	4
garuvinha	1	vassourão-ferro	1
grandiúva	1	vassourão-folha-miúda	3
grandiúva-d'anta	4	vassourão-folha-vermelha	3
guabiroba	1	vassourão-orelha-de-mula	3
guamirim	1	xaxim	14
guamirim-amarelo	2	xaxim-bugiu	3
guamirim-branco	2	xaxim-liso	11
guamirim-d'água	3		
<b>total</b>		<b>213</b>	

TABELA 2 – DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA EM CLASSES DE DIÂMETRO PARA AS 213 ÁRVORES ABATIDAS

Classes diamétricas	Frequência	(%)
7,00 < 11,00	20	9,40
11,00 < 15,00	59	27,70
15,00 < 19,00	36	16,90
19,00 < 23,00	28	13,14
23,00 < 27,00	30	14,10
27,00 < 31,00	11	5,16
31,00 < 35,00	13	6,10
35,00 < 39,00	11	5,16
39,00 < 43,00	3	1,40
43,00 < 47,00	2	0,94
<b>total</b>	<b>213</b>	<b>100</b>

### 3.5 CUBAGEM DE ÁRVORES

Para cada árvore selecionada para o abate, mediu-se a circunferência à altura do peito (CAP) à 1,30 metros do solo, altura total e a altura no ponto de inversão morfológica (ou altura comercial). Em seguida, empregando a cubagem por *Smalian* conforme metodologia de *Hohenadl* (alturas relativas) modificada, mediu-se todas as circunferências à alturas relativas ao longo do fuste, até o ponto de inversão morfológica da árvore. Esta marcação foi realizada à 0,0%, 1%, 5%, 10%, 15%, 25%, 35%, 45%, 55%, 65%, 75%, 85% e a 95% dessa altura, bem como no seu CAP. A ficha de coleta de dados de cubagem é mostrada no Formulário de Biomassa Florestal e Cubagem (Anexo VI). Os volumes, com casca, de cada árvore medida, foram então calculados por este método, descrito por MACHADO e FIGUEIREDO FILHO (2006).

### 3.6 QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA

Cada árvore abatida foi cortada e separada em porções referentes aos galhos vivos com folha, galhos mortos, fuste com casca e miscelânea (material que não se enquadrava em

nenhuma das classes anteriores). Os componentes maiores da biomassa, após serem separados em porções menores, foram pesados no campo em balança, enquanto que os componentes menores foram pesados em balança mecânica com precisão de 0,1 g, na sede da área inventariada, onde foram acondicionados, identificados e armazenados em sacos de papel.

A determinação da biomassa verde dos galhos vivos, galhos mortos e miscelânea, foi feita separando-se e pesando-se cada porção. Para a biomassa das folhas, foi tomada e pesada uma segunda amostra menor de galhos com folhas. A seguir foram retiradas e pesadas todas as folhas desta amostra, e com os pesos resultantes foi possível determinar uma razão entre o peso das folhas e o peso dos galhos vivos com folhas, permitindo a obtenção do peso total da biomassa das folhas pelo uso da razão encontrada.

O procedimento para a determinação do teor de umidade de cada componente foi feito de maneira diferenciada para cada componente. Na porção relativa ao fuste, que compreende a madeira e a casca, foram retirados dois discos do tronco de árvore, sendo o primeiro à 50 cm da altura do solo e o segundo a 50 cm abaixo do ponto de inversão morfológica. As porções referentes a casca e ao lenho dos discos amostrados foram pesadas separadamente, resultando uma razão entre o peso da casca sobre o peso do lenho, que foi usado como fator de conversão do peso da casca da árvore inteira.

Amostras menores de fuste, casca, galhos vivos, galhos mortos, folhas e miscelânea foram obtidas a partir do material coletado, sendo a seguir devidamente pesadas e enviadas ao laboratório para a determinação do peso seco de cada componente, a fim de que fosse possível a determinação do teor de umidade de cada porção das árvores amostradas. Os dados de biomassa verde obtidos foram transcritos na ficha apresentada no Formulário de Biomassa Florestal e Cubagem (Anexo VI).

### 3.7 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E TEOR DE CARBONO

As diferentes tipos de amostras coletadas, que contemplam o tronco, a casca, os galhos vivos, os galhos mortos, as folhas, a miscelânea e a vegetação do sub-bosque, foram acondicionadas em sacos de papel, identificados e enviados ao Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria. Em laboratório essas amostras foram secas em estufas de renovação e circulação de ar, a uma temperatura constante de 75°C até atingir o peso constante, para posterior determinação dos pesos secos e preparação para as análises químicas para a obtenção dos teores de carbono. As análises do teor de carbono, nos

diferentes tipos de amostras, foram executadas de acordo com o método WALKLEY-BLACK, com calor externo, proposto por TEDESCO et al. (1995).

### 3.8 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA

Determinou-se a densidade básica de todas as espécies que fizeram parte das árvores abatidas, sendo utilizado o “Método do Máximo Teor de Umidade”, conforme metodologia desenvolvida por (FOELKEL et al. 1971), calculada pela seguinte expressão:

$$d_b = \frac{1}{\frac{Pm - Pas}{Pas} + \frac{1}{Gs}} \quad (31)$$

onde:  $d_b$  = densidade básica;

$Pm$  = peso dos cavacos saturados após a remoção, com papel absorvente, da água superficial;

$Pas$  = peso absolutamente seco dos cavacos, conseguido pela secagem em estufa a 105  $\pm$  3°C até peso constante;

$Gs$  = densidade da «substância madeira».

Admitindo-se que a densidade média da «substância madeira» é 1,53 g/cm<sup>3</sup>, a expressão ficará:

$$d_b = \frac{1}{\frac{Pm}{Pas} - 0,346} \quad (32)$$

As espécies coletadas com os seus respectivos valores de densidade, são apresentadas no Anexo VII. Para as espécies inventariadas que não foram determinadas as densidades básicas por não constarem na lista das árvores abatidas, utilizou-se a densidade média destas nas estimativas de biomassa.

### 3.9 CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA A SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO AJUSTADA NA ESTIMATIVA DE BIOMASSA TOTAL, ALTURA TOTAL, ALTURA COMERCIAL E VOLUME COMERCIAL

Na escolha da melhor equação ajustada para a estimativa de altura total, altura comercial, volume comercial e biomassa total foram adotados os critérios tradicionais da ciência florestal para verificação da qualidade do ajuste. Nos modelos para estimar biomassa total e volume comercial, utilizou-se as estatísticas Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2_{aj}$ ), Erro Padrão da Estimativa em Percentagem ( $Sy_x\%$ ) e Análise Gráfica dos Resíduos, sendo utilizado o Fator de Correção de Meyer para a correção da discrepância logarítmica nos modelos em que a variável dependente sofreu transformação logarítmica. Nas equações para a estimativa das alturas total e comercial foram utilizados os mesmos critérios citados anteriormente, com exceção do  $R^2_{aj}$  que foi substituído pelo Índice de SCHLAEGEL (IA), tradicionalmente utilizado em estudos de relação hipsométrica na ciência florestal.

Como último critério para a seleção das equações, principalmente nas situações em que não foi possível a escolha da melhor por estas estatísticas e pela análise de resíduos, por apresentarem comportamento bem próximo um dos outros, calculou-se a Amplitude Absoluta dos Resíduos (AR) para estas equações, obtida pela diferença entre o maior e o menor resíduo gerado pela equação. Este critério determina que a equação que apresentar menor amplitude de resíduos é considerada melhor.

### 3.10 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES SELECIONADAS

Objetivando a validação das equações selecionadas, foi aplicado o teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) no conjunto de dados separados para esta finalidade. Das 213 árvores amostradas, 10%, ou seja, 21 foram selecionadas para fazer este teste, tomando como base a Tabela 2, levando-se em consideração a porcentagem de frequência de cada classe. Desta forma, da primeira para a décima classe, retirou-se sucessivamente a seguinte quantidade de árvores: 2, 5, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 1 e 1. Nas classes onde foi retirada somente uma árvore, escolheu-se a do centro e nas demais classes, retirou-se árvores equidistantes umas das outras.

Nestas 21 árvores selecionadas, foram realizadas as estimativas pela equação selecionada, sendo em seguida calculados os resíduos, diferenças entre os valores reais com os estimados, para a aplicação do referido teste.



### 3.11 VARIÁVEIS INDEPENDENTES TESTADAS NOS MODELOS PARA BIOMASSA

Ajustou-se 10 modelos aritméticos e 9 modelos logarítmicos visando a estimativa de biomassa total (variável dependente), em função de variáveis independentes como dap, altura comercial e altura total.

A partir da combinação das variáveis independentes, foram obtidas adicionalmente 37 variáveis, utilizadas no processo seletivo, utilizando-se uma matriz de correlação, para fazerem parte dos modelos testados. As variáveis utilizadas na matriz de correlação são listadas na Tabela 3.

TABELA 3 – VARIÁVEIS INDEPENDENTES UTILIZADAS NO PROCESSO SELETIVO PARA OS MODELOS DE BIOMASSA

A	B	C	D	E	F
dap	1/dap	ln dap	ln 1/dap	dap hc	ln dc
hc	1/hc	ln hc	ln 1/hc	dap ht	ln dht
ht	1/ht	ln ht	ln 1/ht	hc ht	ln hcht
	dap <sup>2</sup>		ln dap <sup>2</sup>	dap <sup>2</sup> hc	ln d <sup>2</sup> hc
	dap <sup>3</sup>		ln hc <sup>2</sup>	dap <sup>2</sup> ht	ln d <sup>2</sup> ht
	hc <sup>2</sup>		ln ht <sup>2</sup>	hc <sup>2</sup> dap	ln hc <sup>2</sup> dap
	ht <sup>2</sup>			hc <sup>2</sup> ht	ln hc <sup>2</sup> ht
				ht <sup>2</sup> dap	ln ht <sup>2</sup> dap
				ht <sup>2</sup> hc	ln ht <sup>2</sup> hc

**A** = variáveis puras; **B** = inversos e potências; **C** = logaritmizadas; **D** = inversos e potências logaritmizadas; **E** = produtos cruzados; **F** = produtos cruzados logaritmizados; **dap** = diâmetro à altura do peito; **ht** = altura total; **hc** = altura comercial; **ln** = logaritmo neperiano.

### 3.12 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS SELECIONÁVEIS PARA OS MODELOS DE BIOMASSA

Como procedimento inicial para possibilitar o ajuste de modelos para as 213 árvores, elaborou-se uma matriz de correlação linear simples composta pelas 37 variáveis independentes listadas na Tabela 3, que foram correlacionadas com as variáveis dependentes de peso seco, objetivando conhecer a magnitude da associação entre elas, para que as variáveis com as melhores correlações pudessem ser utilizadas nos modelos testados.

### 3.13 SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO PARA A ESTIMATIVA DAS ALTURAS

Visando a estimativa das alturas, total e comercial, das árvores que foram inventariadas nas 48 amostras distribuídas na área de estudo, para a estimativa de biomassa total e o volume comercial por árvore, foram testados modelos tradicionais para o ajuste da relação hipsométrica. Considerando que para estas árvores somente foram medidos os seus diâmetros, estes modelos possuem como variável independente somente esta variável dendrométrica e algumas de suas transformações.

Foram testados 10 modelos tradicionais encontrados na literatura para a estimativa de altura total e comercial, relacionados na Tabela 4. Estes ajustes foram realizados no programa Excel 2003.

TABELA 4 - MODELOS TESTADOS PARA ESTIMATIVAS DE ALTURA TOTAL E ALTURA COMERCIAL

Número	Modelo	Autores
1	$H = b_0 + b_1dap + b_2dap^2$	Trorey
2	$\ln H = b_0 + b_1 \ln dap$	Stoffels
3	$\ln H = b_0 + b_1 dap^2$	*
4	$\ln H = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2$	*
5	$\ln H = b_0 + b_1(1/dap)$	Curtis
6	$H = b_0 + b_1 dap$	*
7	$\ln H = b_0 + b_1(1/dap) + b_2(1/dap^2)$	*
8	$H = b_0 + b_1(1/dap)$	Curtis
9	$H = b_0 + b_1 \ln dap$	Henricksen
10	$H = b_0 + b_1 dap^2$	*

**H** = altura total ou altura comercial (m); **dap** = diâmetro à altura do peito (cm); **ln** = logaritmo neperiano; **b<sub>i</sub>** = coeficientes dos modelos.

\* modelos citados nas seguintes fontes: Curtis (1967); Machado et al. (1993, 1994); Pizatto (1999) e Azevedo et al. (1999).

### 3.14 SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO PARA A ESTIMATIVA DO VOLUME COMERCIAL

Para a estimativa do volume comercial foram testados modelos lineares de natureza aritmética e logarítmica, por meio de regressão linear simples e múltipla, utilizando dados de cubagem de 192 árvores, sendo que os 21 dados das árvores restantes foram separados para a validação da equação selecionada. Estas análises foram realizados no programa Excel 2003.

Foram testados 5 modelos selecionados na literatura florestal para os dados obtidos pela cubagem, relacionados na Tabela 5.

Todos os modelos utilizam como variável dependente o volume comercial, em sua forma pura ou transformada, e como variáveis independentes o dap e a altura comercial, também com seus valores puros, transformados ou combinados.

TABELA 5 – MODELOS ARITMÉTICOS E LOGARÍTMICOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DE VOLUME COMERCIAL

Número	Modelo	Autores
1	$VC = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3h$	Meyer
2	$\ln VC = b_0 + b_1\ln dap + b_2\ln h$	Schumacher-Hall
3	$VC = b_0 + b_1dap^2$	Stoate
4	$VC = b_0 + b_1dap^2h$	Spurr
5	$VC = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h + b_3daph^2 + b_4h^2$	Naslund

VC = volume comercial (m<sup>3</sup>); **dap** = diâmetro à altura do peito (cm); **h** = altura comercial (m); **ln** = logaritmo neperiano; **b<sub>i</sub>** = coeficientes dos modelos.

### 3.15 SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO PARA A ESTIMATIVA DA BIOMASSA TOTAL

Para a estimativa de biomassa total seca por árvore, foram testados 10 modelos apresentados na forma aritmética e 09 modelos apresentados na forma logarítmica, por meio de regressão linear simples e múltipla, em 192 árvores, uma vez que as 21 árvores restantes foram separadas para a validação da equação selecionada. Estes modelos são apresentados na Tabela 6.

Segundo CHARNET et al. (1999), o método *FORWARD* utiliza como procedimento inicial uma variável auxiliar que possua o maior coeficiente de correlação amostral observado com a variável resposta, Y. Etapas se sucedem, quando uma variável por vez pode vir a ser incorporada. Se em uma etapa não houver uma inclusão, o processo é interrompido e as variáveis selecionadas até esta etapa definem o modelo final.

Os testes realizados pelo método *FORWARD* foram realizados no programa Statgraphics 4.1 e os demais no programa Excel 2003.

TABELA 6 - MODELOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA TOTAL SECA

Nº	Aritméticos	Logarítmicos
1	$BT = b_0 + b_1dap$	$\ln BT = b_0 + b_1 \ln dap$
2	$BT = b_0 + b_1dap^2$	$\ln BT = b_0 + b_1 \ln dap^2$
3	$BT = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3dap^3$	$\ln BT = b_0 + b_1 \ln dap + b_2 \ln ht^2 dap$
4	$BT = b_0 + b_1dap + b_2dapht$	$\ln BT = b_0 + b_1 \ln ht^2 dap$
5	$BT = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2ht$	$\ln BT = b_0 + b_1 \ln dap^2 + b_2 \ln ht^2 dap$
6	$BT = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2ht + b_3 \ln ht^2 dap$	$\ln BT = b_0 + b_1 \ln dapht$
7	$BT = b_0 + b_1dap^2ht$	$\ln BT = b_0 + b_1 \ln dap + b_2 \ln dapht$
8	$BT = b_0 + b_1dap^2 + b_2ht^2 + b_3dap^2ht$	$\ln BT = b_0 + b_1 \ln dap + b_2 \ln ht$
9	$*BT = b_0 + dap^2ht + ht^2hc$	$*\ln BT = b_0 + b_1 \ln dap^2 + b_2 \ln (1/ht)$
10	$BT = b_0 + (dapht)^{b1}$	

**BT** = peso seco (kg); **dap** = diâmetro à altura do peito (cm); **ht** = altura total (m); **ln** = logaritmo neperiano; **b<sub>i</sub>** = coeficientes dos modelos.

\* equações ajustadas pelo método “*FORWARD*”.

### 3.16 DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE EXPANSÃO

Dependendo da disponibilidade de informações referentes a uma árvore, talhão ou a uma floresta, vários fatores de expansão ou de conversão podem ser desenvolvidos, dependendo dos objetivos da pesquisa. Sendo um dos objetivos desta pesquisa a estimativa de biomassa total por árvore, e em função de ter sido determinada a biomassa da parte aérea, a densidade básica por espécie e o volume comercial, desenvolveu-se fatores de expansão a nível de árvore por dois métodos. O primeiro, conforme SOMOGYI et al. (2006), foi calculado pela razão entre a biomassa total e a biomassa do fuste, conforme a equação:

$$FEB = \frac{m_1}{m_2} \quad (33)$$

onde:  $m_1$ : biomassa total (kg);

$m_2$ : biomassa do fuste (kg).

O segundo método, utilizando as informações de densidade básica da madeira e volume comercial, foi calculado pela seguinte equação, conforme SOMOGYI et al. (2006) e BROWN (1997):

$$BAS(kg) = V.D.FEB \Rightarrow FEB = \frac{BAS}{V.D} \quad (34)$$

onde: FEB = fator de expansão de biomassa;

BAS = biomassa acima do solo (kg);  
V = volume (m<sup>3</sup>);  
D = densidade média da madeira (g/cm<sup>3</sup>).

No desenvolvimento de fatores de expansão para biomassa, procurou-se detalhar ao máximo o seu estudo. Para tanto, foram desenvolvidos fatores de expansão médio, por espécie e por classe de dap, assim definidos:

*Fator de expansão médio*: determinado pela média dos fatores de todas as espécies;

*Fator de expansão por espécie*: determinado pela média dos fatores encontrados para uma mesma espécie;

*Fator de expansão por classes de dap*: determinado pela média dos fatores para cada classe de dap.

Após a determinação dos fatores de expansão pelos métodos descritos acima, foi aplicado o teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) para verificar se havia ou não diferenças significativas entre eles, a 99% de probabilidade.

### 3.17 ESTIMATIVA DE BIOMASSA TOTAL POR ÁRVORE

Utilizando as equações selecionadas, foram realizadas estimativas de altura total, altura comercial e volume comercial nas 12.127 árvores inventariadas, divididas em 48 amostras, objetivando estimar biomassa total por árvore.

O primeiro método indireto para a estimativa de biomassa total baseou-se na utilização do modelo ajustado, em função do dap das árvores inventariadas e das alturas totais estimadas. Estimou-se a biomassa total e a biomassa média por amostra.

O segundo método indireto utilizou as variáveis densidade básica e fator de expansão, obtida nas 213 árvores abatidas. Estimou-se biomassa total nas árvores inventariadas em função do fator de expansão médio, por espécie e por classes de dap.

Considerando que a determinação das densidades básicas foi realizada nas 213 árvores amostradas, nas quais foram encontradas 77 espécies, e que nas 12.127 árvores inventariadas foram encontradas 191 espécies, para as 114 espécies com densidades desconhecidas, utilizou-se a densidade básica média na estimativa dos fatores de expansão e biomassa.

Para poder realizar um estudo mais detalhado sobre estimativa de biomassa, principalmente visando o comportamento da variável fator de expansão, além destas estimativas serem feitas utilizando-se fator médio, por espécie e por classes de dap, foram

feitas também por amostra e por classes de dap. Estas estimativas foram em seguida extrapoladas para a unidade hectare (ANEXOS IX ao XX).

Pelo fato de que as estimativas por fator de expansão estarem sendo testadas, estas foram então comparadas com a do modelo selecionado, pelo fato de que este método é o mais tradicionalmente utilizado em estudos de biomassa.

### 3.18 ESTIMATIVA DE CARBONO TOTAL POR ÁRVORE

Com as informações sobre os teores de carbono determinados nas árvores abatidas e utilizando os valores dos fatores de expansão desenvolvidos nas estimativas de biomassa, a estimativa de carbono nas árvores inventariadas foi realizada por dois métodos. O primeiro método utilizou os valores dos teores de carbono determinados nas árvores abatidas que foram multiplicados pelas estimativas de biomassa feitas pelo modelo ajustado para se saber o total de carbono presente em cada árvore. O segundo método foi desenvolvido com base no modelo proposto por SCHÖNE e SCHULTE (1999), mostrado abaixo, que visa quantificar, de forma prática, o volume de carbono armazenado por árvore ou em formações florestais:

$$C = V. Db. Fb. Fc \quad (35)$$

onde: C = carbono em toneladas;

V = volume em m<sup>3</sup>;

Db = densidade básica da madeira (g/cm<sup>3</sup>);

Fb = fator de expansão de biomassa;

\* Fc = fator para a determinação do peso seco da biomassa em C (0,50).

\* Tendo em vista que foram determinados os teores de carbono nas árvores amostradas, a variável “Fc” foi substituída pelos valores destes teores, de forma a tornar mais individualizadas e exatas estas estimativas. As estimativas de carbono feitas por este modelo foram realizadas utilizando-se os três fatores de expansão desenvolvidos para biomassa, ou seja, o médio, por espécie e por classes de dap.

Foram realizadas também estimativas de carbono nas árvores inventariadas utilizando o valor default (0,5), que é fração deste elemento contida em uma unidade de biomassa, sugerido pelo IPCC (2001). Estas estimativas foram então comparadas com a estimativa realizada pelo primeiro método pelas mesmas razões mencionadas no item anterior.

Para as espécies inventariadas não encontradas nas árvores abatidas, e que conseqüentemente não foram determinados os teores de carbono, utilizou-se o valor médio destes teores para poder se estimar o carbono. Primeiramente estas estimativas foram realizadas por amostra e por classes de dap, sendo em seguida feita a extrapolação para hectare (ANEXOS IX ao XX).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 RELAÇÕES QUANTITATIVAS ENTRE AS VARIÁVEIS

O peso total de cada uma das 213 árvores abatidas foi compartimentado em fuste, galhos, folhas e miscelânea. Este procedimento permite quantificar a contribuição de cada compartimento no peso total da árvore, sendo também importante para comparações com informações de outros sítios como também de outras formações florestais.

As estatísticas descritivas destes compartimentos, para o peso verde e seco, bem como das variáveis dendrométricas e densidade, são apresentadas na Tabela 7.

TABELA 7 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS PESOS DOS COMPARTIMENTOS, VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E DENSIDADES

Variável	Média	Desvio	CV (%)	Mínimo	Máximo
dap (cm)	20,02	8,46	42,24	7,95	44,56
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	0,4709	0,1857	39,43	0,1300	0,9521
Altura total (m)	12,79	4,48	35,01	1,4	24,00
Altura comercial (m)	7,17	2,97	41,35	1,4	17,50
Peso do fuste - verde (kg)	227,59	238,69	104,88	13,50	1275,00
Peso dos galhos - verde (kg)	190,54	221,82	116,42	0,10	966,65
Peso das folhas - verde (kg)	16,71	16,96	101,46	0,00	89,50
Peso da miscelânea - verde (kg)	16,16	42,09	260,53	0,00	337,00
Peso do fuste seco - (kg)	115,64	117,54	101,64	9,53	547,97
Peso dos galhos - seco (kg)	109,12	128,82	118,06	2,05	674,06
Peso das folhas - seco (kg)	11,18	11,15	99,75	0,00	63,83
Peso da miscelânea - seco (kg)	10,82	29,22	270,07	0,00	234,15

Pode-se observar que o peso do fuste, tanto verde como seco, apresenta uma maior representatividade sobre os demais compartimentos, como também um maior desvio padrão em relação aos demais e uma maior amplitude de seus valores em estado úmido, enquanto que o peso da miscelânea tem uma menor representatividade em relação aos demais compartimentos, tendo valores bem próximos dos pesos das folhas. Observa-se também que



os pesos da miscelânea, verde e seco, apresentam um maior coeficiente de variação sobre os demais.

A Tabela 8 mostra a contribuição média de cada compartimento em termos quantitativos e em percentagem.

TABELA 8 – CONTRIBUIÇÃO MÉDIA DE CADA COMPARTIMENTO NO PESO TOTAL DAS ÁRVORES VERDES E SECAS

Pesos		fuste	galhos	folhas	miscelânea
verde	<b>m</b>	227,59	190,54	16,71	16,16
	<b>s</b>	238,69	221,82	16,96	42,09
	<b>%</b>	50,46	42,24	3,72	3,58
seco	<b>m</b>	115,64	109,12	11,18	10,82
	<b>s</b>	117,54	128,82	11,15	29,22
	<b>%</b>	46,86	44,22	4,54	4,38

**m** = média em kg; **s** = desvio padrão; **%** = percentagem média

Esta tabela mostra que o peso do fuste seco corresponde a 50,81% de seu peso antes da secagem como também que o peso da copa seca (galhos, folhas e miscelânea) corresponde a 58,69% de seu peso antes da secagem. Do peso total de uma árvore verde, 50,46% é do fuste e 49,54% é da copa. Com relação às porcentagens dos pesos dos compartimentos em relação ao peso total da árvore, não foram observadas diferenças entre estas medidas comparando os estados verde e seco.

#### 4.2 MATRIZ DE CORRELAÇÃO

A partir da lista de variáveis contidas na Tabela 3, montou-se a matriz de correlação. SCOLFORO (1997) mencionou que em função da diversidade das unidades de medição das variáveis compiladas e para a seleção destas visando o desenvolvimento dos modelos a serem ajustados, deve-se utilizar a matriz de correlação uma vez que ela envolve a padronização dos dados, tornando-os adimensionais. Nesta matriz se observa o relacionamento entre todas as variáveis sendo possível retirar aquelas que apresentam uma baixa correlação com a variável dependente. Para verificar o grau de associação entre as variáveis dependentes (peso seco) e as variáveis independentes, foi elaborada a matriz de correlação linear simples entre estas, cujos valores são apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE PESO SECO E VARIÁVEIS INDEPENDENTES

variáveis independentes	Variáveis dependentes									
	BFu	lnBFu	BG	lnBG	BFo	lnBFo	BM	lnBM	BT	lnBT
d	0,889	0,899	0,855	0,879	0,674	0,649	0,398	0,599	0,930	0,946
hc	0,450	0,549	0,070	0,082	0,218	0,193	0,010	0,102	0,261	0,345
ht	0,700	0,773	0,517	0,540	0,494	0,461	0,170	0,317	0,638	0,708
1/d	-0,790	-0,920	-0,715	-0,874	-0,594	-0,638	-0,344	-0,542	-0,803	-0,950
1/hc	-0,399	-0,546	-0,104	-0,088	-0,200	-0,182	-0,060	-0,148	-0,259	-0,342
1/ht	-0,657	-0,786	-0,498	-0,541	-0,456	-0,454	-0,194	-0,345	-0,608	-0,718
d <sup>2</sup>	0,895	0,842	0,885	0,836	0,681	0,620	0,402	0,592	0,947	0,894
d <sup>3</sup>	0,873	0,770	0,884	0,774	0,667	0,578	0,390	0,566	0,934	0,824
hc <sup>2</sup>	0,429	0,498	0,052	0,074	0,206	0,179	-0,012	0,062	0,238	0,316
ht <sup>2</sup>	0,689	0,732	0,498	0,513	0,489	0,440	0,149	0,288	0,621	0,671
dhc	0,867	0,876	0,559	0,604	0,588	0,541	0,234	0,426	0,749	0,786
dht	0,917	0,906	0,829	0,818	0,693	0,634	0,328	0,532	0,925	0,920
hcht	0,563	0,623	0,222	0,252	0,329	0,293	0,053	0,158	0,402	0,474
d <sup>2</sup> hc	0,950	0,873	0,726	0,719	0,687	0,604	0,309	0,512	0,884	0,843
d <sup>2</sup> ht	0,927	0,848	0,891	0,812	0,715	0,622	0,352	0,552	0,963	0,885
hc <sup>2</sup> d	0,726	0,719	0,357	0,410	0,470	0,420	0,123	0,277	0,561	0,600
hc <sup>2</sup> ht	0,475	0,513	0,128	0,162	0,260	0,223	0,009	0,081	0,303	0,368
ht <sup>2</sup> d	0,878	0,842	0,760	0,729	0,667	0,583	0,263	0,455	0,863	0,839
ht <sup>2</sup> hc	0,574	0,602	0,265	0,297	0,357	0,308	0,060	0,159	0,431	0,485
ln d	0,852	0,926	0,794	0,892	0,643	0,655	0,377	0,580	0,878	0,965
ln hc	0,441	0,568	0,089	0,086	0,216	0,193	0,036	0,133	0,269	0,355
ln ht	0,688	0,792	0,517	0,550	0,482	0,465	0,186	0,337	0,634	0,725
ln 1/d	-0,852	-0,926	-0,794	-0,892	-0,643	-0,655	-0,377	-0,580	-0,878	-0,965
ln 1/hc	-0,441	-0,568	-0,089	-0,086	-0,216	-0,193	-0,036	-0,133	-0,269	-0,355
ln 1/ht	-0,688	-0,792	-0,517	-0,550	-0,482	-0,465	-0,186	-0,337	-0,634	-0,725
ln d <sup>2</sup>	0,852	0,926	0,794	0,892	0,643	0,655	0,377	0,580	0,878	0,965
ln d <sup>3</sup>	0,852	0,926	0,794	0,892	0,643	0,655	0,377	0,580	0,878	0,965
ln hc <sup>2</sup>	0,441	0,568	0,089	0,086	0,216	0,193	0,036	0,133	0,269	0,355
ln ht <sup>2</sup>	0,688	0,792	0,517	0,550	0,482	0,465	0,186	0,337	0,634	0,725
ln dhc	0,651	0,731	0,279	0,328	0,386	0,362	0,106	0,249	0,481	0,567
ln dht	0,832	0,886	0,685	0,718	0,609	0,576	0,257	0,441	0,801	0,859
ln hcht	0,627	0,707	0,322	0,345	0,391	0,355	0,100	0,226	0,492	0,568
ln d <sup>2</sup> hc	0,651	0,731	0,279	0,328	0,386	0,362	0,106	0,249	0,481	0,567
ln d <sup>2</sup> ht	0,832	0,886	0,685	0,718	0,609	0,576	0,257	0,441	0,801	0,859
ln hc <sup>2</sup> d	0,922	0,942	0,706	0,740	0,649	0,609	0,318	0,524	0,861	0,893
ln hc <sup>2</sup> ht	0,627	0,707	0,322	0,345	0,391	0,355	0,100	0,226	0,492	0,568
ln ht <sup>2</sup> d	0,915	0,921	0,856	0,866	0,690	0,652	0,375	0,580	0,941	0,952
ln ht <sup>2</sup> hc	0,514	0,600	0,148	0,171	0,276	0,248	0,034	0,136	0,337	0,419

**BFu** = biomassa do fuste (kg); **lnBFu** = logaritmo neperiano da biomassa do fuste (base "e"); **BG** = biomassa dos galhos (kg); **lnBG** = logaritmo neperiano da biomassa dos galhos (base "e"); **BFo** = biomassa das folhas (kg); **lnBFo** = logaritmo neperiano da biomassa das folhas (base "e"); **BM** = biomassa da miscelânea (kg); **lnBM** = logaritmo neperiano da biomassa da miscelânea (base "e"); **BT** = biomassa total (kg); **lnBT** = logaritmo neperiano da biomassa total (base "e"); **d** = diâmetro à altura do peito (cm); **ht** = altura total (m); **hc** = altura comercial (m); **ln** = logaritmo neperiano.

Pela Tabela 9, verifica-se que a variável dependente biomassa do fuste (BFu), apresentou as mais fortes correlações com as variáveis independentes dht, d<sup>2</sup>hc, d<sup>2</sup>ht, lnhc<sup>2</sup>d e

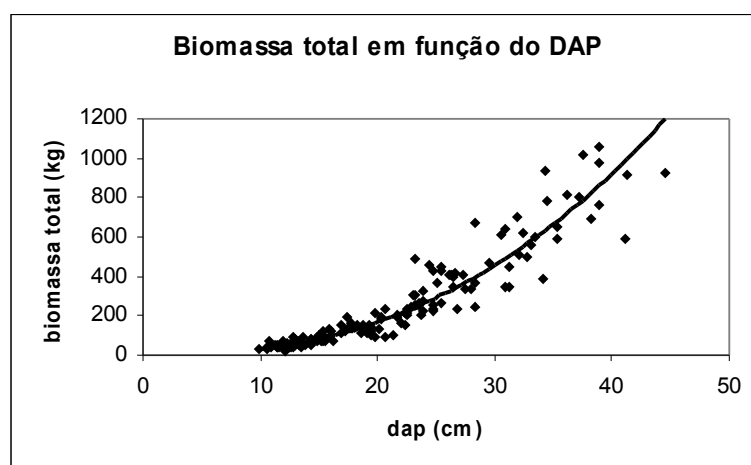
$\ln ht^2 d$ , enquanto que esta variável na forma logarítmica,  $\ln BF_u$ , apresentou fortes correlações com as variáveis independentes  $1/d$ ,  $dht$ ,  $\ln d$ ,  $\ln 1/d$ ,  $\ln d^2$ ,  $\ln d^3$ ,  $\ln hc^2 d$  e  $\ln ht^2 d$ . A variável dependente biomassa dos galhos (BG), apresentou fortes correlações com as variáveis independentes  $d$ ,  $d^2$ ,  $d^3$ ,  $dht$ ,  $d^2 ht$  e  $\ln ht^2 d$ , e em sua forma logarítmica apresentou as mais fortes correlações com as variáveis independentes  $d$ ,  $1/d$ ,  $\ln d$ ,  $\ln d^2$  e  $\ln d^3$ .

As mais baixas correlações com as variáveis independentes foram observadas com as variáveis dependentes biomassa das folhas (BFo) e biomassa da miscelânea (BM) tanto nas formas aritméticas como logarítmicas, sendo observadas correlações de média para fraca.

A variável dependente biomassa total (BT) apresentou as correlações mais fortes com as variáveis independentes  $d$ ,  $d^2$ ,  $d^3$ ,  $d^2 ht$  e  $\ln ht^2 d$ . Em sua forma logarítmica, esta variável apresentou fortes correlações com as variáveis dependentes  $d$ ,  $1/d$ ,  $dht$ ,  $\ln d$ ,  $\ln 1/d$ ,  $\ln d^2$ ,  $\ln d^3$  e  $\ln ht^2 d$ . Estas análises informam que pela alta correlação entre as variáveis dependentes e a variável independente “d”, tanto em sua forma pura como combinada, esta terá que obrigatoriamente fazer parte dos modelos que visam a estimativa destas variáveis.

A alta correlação entre a variável biomassa total e o dap mencionada anteriormente, pode também ser comprovada pela Figura 5. Outra informação que pode ser extraída desta figura é a existência de pequena heterocedasticidade à medida que os valores de dap aumentam. Este fato pode ser explicado tendo em vista que estes dados são originados de floresta de formação natural, com uma alta diversidade de espécies, e como tal, apresentando indivíduos com as mais diversas formas e alturas.

FIGURA 5 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO DOS DADOS DE BIOMASSA TOTAL EM RELAÇÃO AO DAP



### 4.3 AJUSTES DOS MODELOS PARA A RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

#### 4.3.1 Altura total

A Tabela 10 mostra que para a estatística IA, com exceção das equações 3 e 10 que apresentaram os piores valores, as demais equações apresentaram valores bem próximos umas das outras, variando de 0,38 para a equação 6 até 0,42 para as equações 1 e 4. Situação semelhante ocorreu para o Syx%, uma vez que ocorreu uma variação de 19,60% para a equação 1 até 21,92% para a equação 3.

TABELA 10 – EQUAÇÕES AJUSTADAS COM SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE, PRECISÃO E AMPLITUDE RESIDUAL PARA A ESTIMATIVA DE ALTURA TOTAL

Nº	EQUAÇÕES	Syx%	IA	AR
1	$h = 3,36575 + 0,73638d - 0,00954d^2$	19,60	0,42	70,39
2	$lnh = 1,28673 + 0,44343lnd$	19,96	0,40	63,82
3	$lnh = 2,42253 + 0,00035d^2$	21,92	0,28	59,10
4	$lnh = 1,80156 + 0,05668d - 0,00076d^2$	19,65	0,42	67,06
5	$lnh = 3,07285 - 8,51555(1/d)$	19,78	0,41	70,43
6	$h = -4,18686 + 6,11218d$	20,22	0,38	60,95
7	$lnh = 3,25653 - 15,81295(1/d) + 63,37967(1/d^2)$	19,83	0,41	67,19
8	$h = 20,38904 - 116,569(1/d)$	19,82	0,41	74,88
9	$h = -4,18686 + 6,11218lnd$	19,72	0,41	67,84
10	$h = 11,43125 + 0,00501d^2$	21,15	0,33	60,56

Analisando os resíduos nas figuras 6 e 7, verifica-se que todas as equações apresentaram um comportamento semelhante, ou seja, distribuição aleatória dos resíduos não sendo observada tendências de sub ou superestimativas ao longo da linha de estimativa. Outra característica importante observada nestes gráficos foi que a faixa de variação dos resíduos ao longo do dap apresentou-se sempre constante, indicando variância homogênea.

FIGURA 6 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DAP DOS MODELOS 1 A 8 PARA ESTIMATIVA DA ALTURA TOTAL

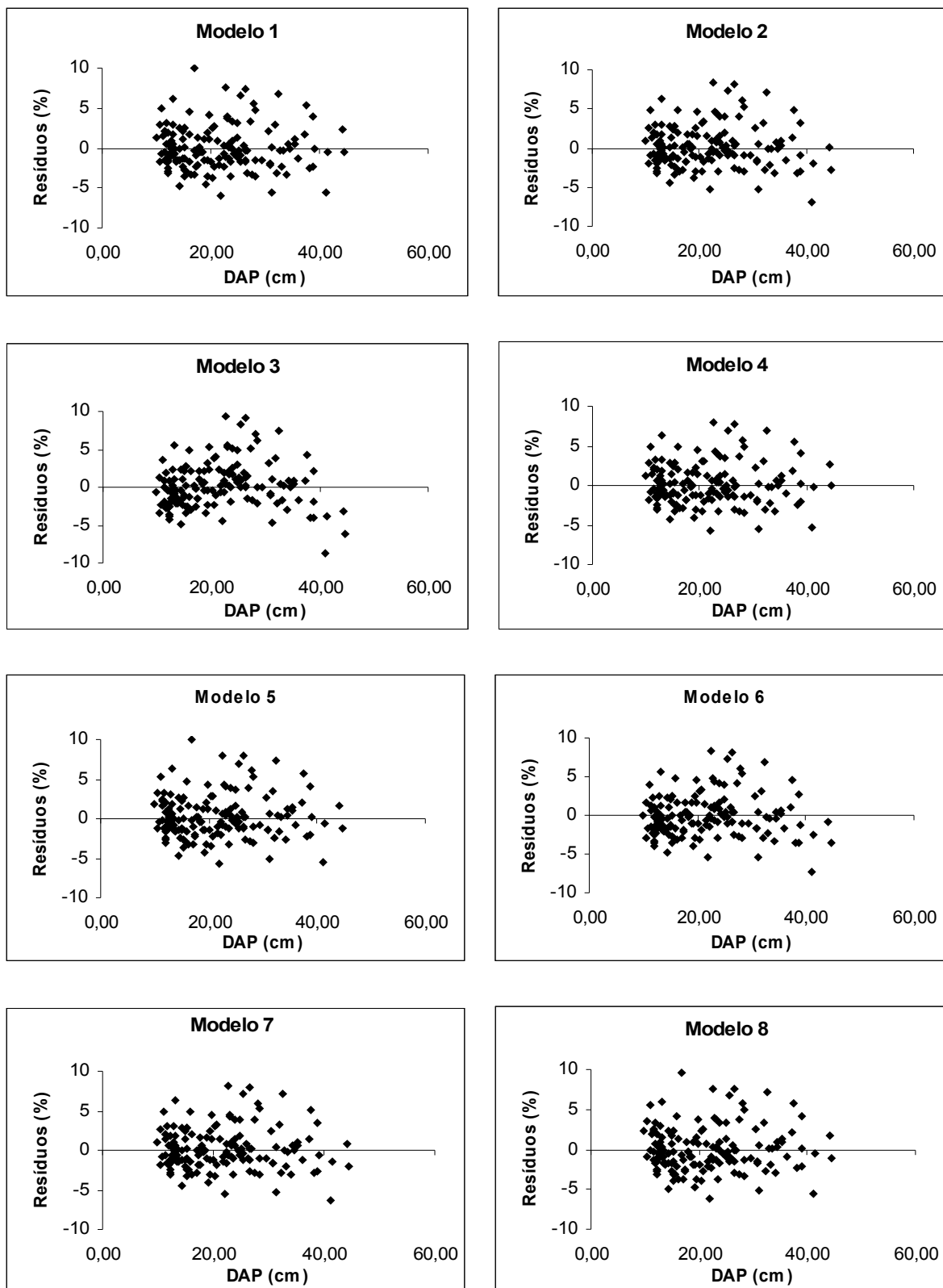
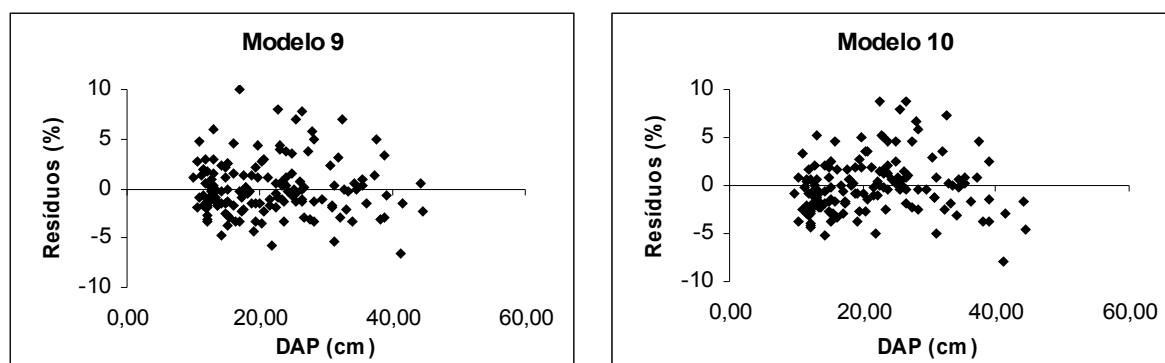


FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DAP DOS MODELOS 9 A 10 PARA ESTIMATIVA DA ALTURA TOTAL



Com base nestas análises, em que a maioria das equações apresentaram comportamento semelhante em relação aos critérios mencionados, considerou-se então a amplitude residual para a escolha da melhor. Com exceção das equações 3 e 10, a equação que apresentou menor amplitude residual foi a 6, com um valor de 60,95, sendo então escolhida para a estimativa da altura total na árvores inventariadas.

#### 4.3.1.1 Validação da equação selecionada para altura total

As alturas totais das árvores separadas do conjunto inicial de árvores utilizadas no ajuste das equações (213), para fins de validação das equações (21), foram estimadas pela equação selecionada e o valor resultante comparado com o valor real medido, pelo teste do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ). O valor resultante do teste foi  $\chi^2 = 11,19$ , indicando que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as alturas reais e as alturas estimados pela equação selecionada, ao nível de 99% de probabilidade.

#### 4.3.2 Altura comercial

A Tabela 11 mostra que para a estatística IA houve uma variação muito grande entre as equações, sendo que as melhores 1, 8, e 9, apresentaram respectivamente os valores 0,11, 0,09 e 0,08. Para o Syx% os valores se encontraram bem próximos uns dos outros, com valores variando de 36,34% para a equação 9 e 40,24% para a equação 3.

Os gráficos dos resíduos das equações ajustadas tiveram comportamento semelhante para todos, onde foi observada uma distribuição aleatória dos resíduos, não sendo observada tendências de sub ou superestimativas ao longo da linha de estimativa. Observa-se também

uma variância homogênea dos resíduos, uma vez que a faixa de variação destes apresenta-se constante ao longo do dap.

Assim como ocorreu para a escolha da equação para a altura total, recorreu-se à observação da AR para a escolha da melhor equação. Partindo-se então das equações previamente selecionadas 1, 8 e 9, escolheu-se então a equação 9, uma vez que apresenta a menor AR.

Segundo MACHADO et al. (1994), a relação hipsométrica não é uma relação dendrométrica muito forte, existindo uma grande variabilidade de alturas para uma mesma classe de diâmetro, resultando, na maioria das vezes, em estatísticas de ajuste e exatidão pobres, com valores aquém dos desejados em análise de regressão.

TABELA 11 – EQUAÇÕES AJUSTADAS COM SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE, PRECISÃO E AMPLITUDE RESIDUAL PARA A ESTIMATIVA DE ALTURA COMERCIAL

Nº	EQUAÇÕES	Syx%	IA	AR
1	$hc = 0,83497 + 0,53842d - 0,00911d^2$	37,75	0,11	353,08
2	$lnhc = 0,86422 + 0,35705lnd$	39,26	0,03	309,25
3	$lnhc = 1,80322 + 0,00024d^2$	40,24	0,01	290,16
4	$lnhc = 0,94192 + 0,07862d - 0,00131d^2$	38,48	0,07	333,02
5	$lnhc = 2,32435 - 7,26293(1/d)$	38,9	0,05	314,49
6	$hc = 5,55586 + 0,09267d$	38,76	0,06	323,90
7	$lnhc = 2,16922 - 1,09954(1/d) - 53,5305(1/d^2)$	38,91	0,05	315,02
8	$hc = 10,09581 - 47,25327(1/d)$	38,09	0,09	336,51
9	$hc = -4,18686 + 6,11218lnd$	36,34	0,08	331,91
10	$hc = 6,73306 + 0,00152d^2$	39,22	0,03	315,25

A baixa relação existente na estimativa da altura comercial em florestas de composição variada em espécie e idade, onde se medem alturas comerciais, observada na Tabela 11, é explicada por SCOLFORO (1997). Este autor afirmou que a relação entre altura comercial e o dap é muito baixa à medida em que inúmeras espécies são consideradas, ou seja, para o mesmo dap, pode-se obter as mais variadas alturas comerciais, ou vice-versa.

FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DAP DOS MODELOS 1 A 8 PARA ESTIMATIVA DE ALTURA COMERCIAL

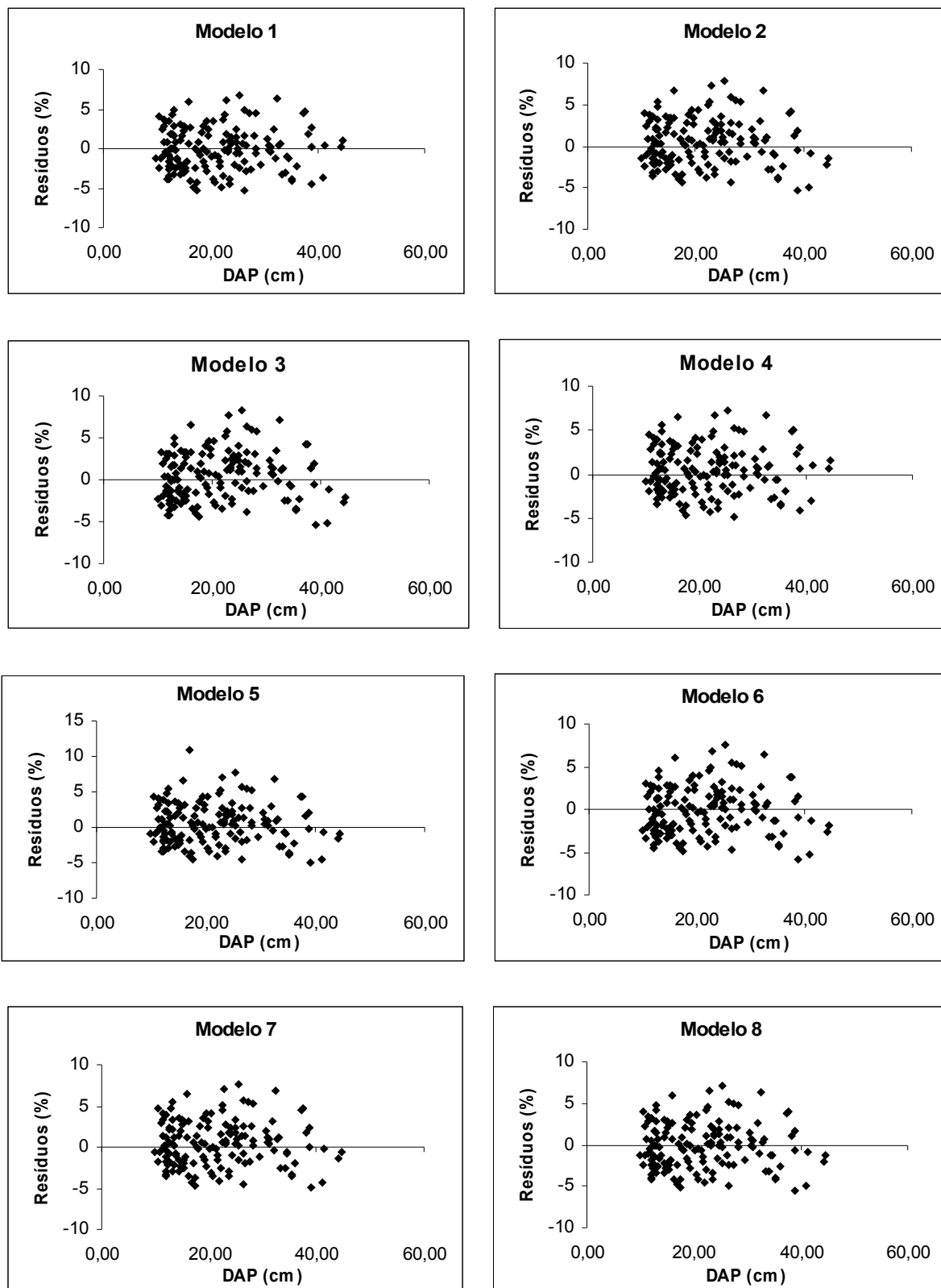
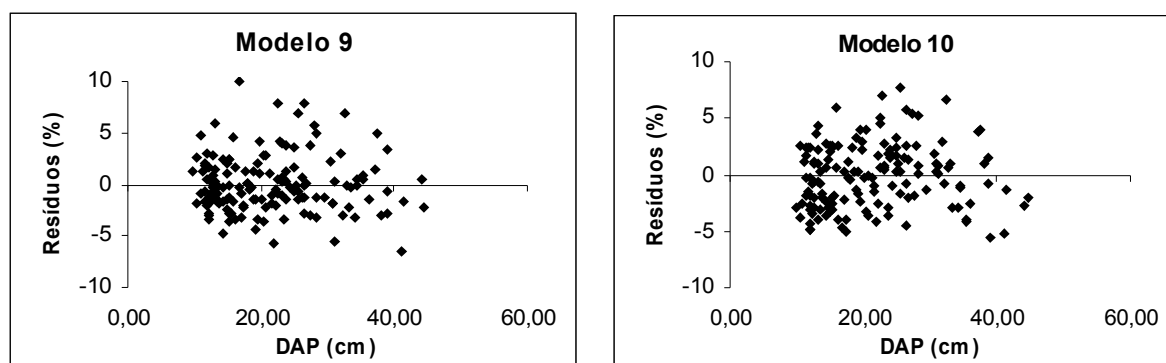




FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DAP DOS MODELOS 9 A 10 PARA ESTIMATIVA DE ALTURA COMERCIAL



#### 4.3.2.1 Validação da equação selecionada para altura comercial

As alturas comerciais das árvores separadas do conjunto inicial de árvores utilizadas no ajuste das equações (213), para fins de validação dos modelos (21), foram estimadas pela equação selecionada e o valor resultante comparado com o valor real medido, pelo teste do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ). O valor resultante do teste foi  $\chi^2 = 26,41$ , indicando que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as alturas reais e as alturas estimadas pela equação selecionada, ao nível de 99% de probabilidade.

#### 4.4 AJUSTES DOS MODELOS PARA VOLUME COMERCIAL

A Tabela 12 mostra que para a estatística  $R^2_{aj}$  não houve diferenças entre as equações ajustadas, pois variou de 0,97 a 0,98. Para a estatística  $Syx\%$ , com exceção da equação 4, que apresentou um valor de 14,89%, as demais apresentaram valores muito próximos entre si, pois houve pequena variação de 12,08% a 12,25%.

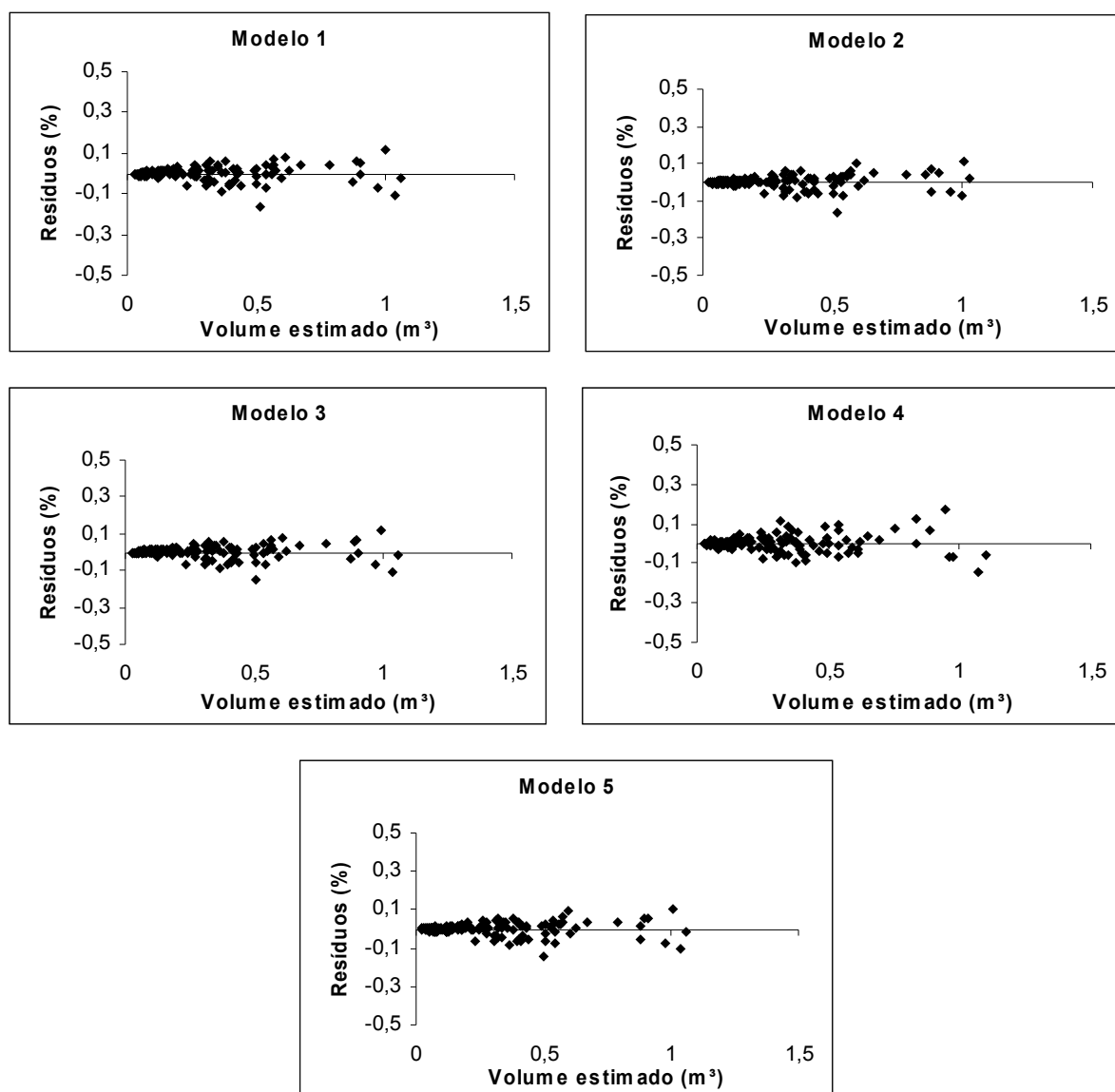
Analisando os gráficos dos resíduos das equações ajustadas, observa-se que todas as equações apresentaram um comportamento semelhante, ou seja, pequena amplitude residual, com distribuição aleatória dos resíduos não sendo observada tendências de sub ou superestimativas ao longo da linha de estimativa, verificando-se também variância homogênea.

Para a AR, a equação que apresentou o menor valor para este critério foi a 3, sendo esta a selecionada, uma vez que nos critérios anteriores, com exceção da equação 4, não houveram diferenças significativas.

TABELA 12 – EQUAÇÕES AJUSTADAS, COM SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE, PRECISÃO E AMPLITUDE RESIDUAL PARA A ESTIMATIVA DE VOLUME COMERCIAL

Nº	EQUAÇÕES	R <sup>2</sup> aj	Syx%	AR
1	$v = 0,02328 - 0,00174d + 0,00012d^2 - 0,00153h + 0,000052d^2h$	0,98	12,25	49,01
2	$Inv = -9,31009 + 2,04800lnd + 0,74824lnh$	0,97	12,09	48,47
3	$v = 0,002892 + 0,000106d^2 - 0,000033h^2 + 0,0000489d^2h$	0,98	12,20	46,53
4	$v = 0,00824 + 0,00006d^2h$	0,97	14,89	56,85
5	$v = -0,0016 + 0,000056d^2 + 0,00006d^2h - 0,00002dh^2 + 0,00025h^2$	0,98	12,08	49,94

FIGURA 10 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME ESTIMADO DOS MODELOS 1 A 5 PARA ESTIMATIVA DE VOLUME COMERCIAL



#### 4.4.1 Validação da equação selecionada para volume comercial

Os volumes comerciais das árvores separadas do conjunto inicial de árvores utilizadas no ajuste das equações (213), para fins de validação dos modelos (21), foram estimadas pela equação selecionada e o valor resultante comparado com o valor real medido, pelo teste do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ). O valor resultante do teste foi  $\chi^2 = 0,14$ , indicando que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as alturas reais e as alturas estimadas pela equação selecionada, ao nível de 99% de probabilidade.

#### 4.5 AJUSTES DOS MODELOS PARA BIOMASSA TOTAL

As Tabelas 13 e 14 apresentam as equações ajustadas nas formas aritméticas e logarítmicas respectivamente, bem como os seus coeficientes, as estatísticas calculadas para a verificação da qualidade destes ajustes e a amplitude residual para os modelos pré-selecionados.

TABELA 13 – EQUAÇÕES AJUSTADAS NA FORMA ARITMÉTICA COM SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE, PRECISÃO E A AMPLITUDE RESIDUAL PARA A ESTIMATIVA DE BIOMASSA TOTAL

Nº	EQUAÇÕES	R <sup>2</sup> aj	Syx%	AR
1	$BT = -343,16623 + 28,24845d$	0,86	36,12	
2	$BT = -44,44802 + 0,57853d^2$	0,89	31,36	119,09
3	$BT = 240,02741 - 39,16940d + 2,19857d^2 - 0,02049d^3$	0,89	31,12	188,99
4	$BT = -268,76681 + 15,68512d + 0,60685dht$	0,88	32,75	
5	$BT = -13,42600 + 0,14563d^2 + 0,02376d^2ht$	0,92	25,90	91,50
6	$BT = -2,01269 + 0,15677d^2 + 0,02454d^2ht - 0,20696lnht^2d$	0,93	25,97	89,63
7	$BT = 1,13617 + 0,03128d^2ht$	0,92	26,46	93,52
8	$BT = 25,87071 + 0,02909d^2 - 0,21382ht^2 + 0,03189d^2ht$	0,93	25,58	98,01
9	$BT = 13,6215 + 0,03277d^2ht - 0,01350ht^2hc$	0,93	25,47	137,97
10	$BT = 0,09145*(dht)^{1,383}$	0,85	36,82	

Obs.: a amplitude dos resíduos somente foi calculada para as equações pré-selecionadas

TABELA 14 – EQUAÇÕES AJUSTADAS NA FORMA LOGARÍTMICA COM SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE, PRECISÃO E A AMPLITUDE RESIDUAL PARA A ESTIMATIVA DE BIOMASSA TOTAL

Nº	EQUAÇÕES	R <sup>2</sup> aj	Syx%	FCMeyer	AR
1	$\ln BT = -2,22923 + 2,45462 \ln d$	0,88	32,72	1,03450	
2	$\ln BT = -2,22923 + 1,22731 \ln d^2$	0,88	32,72	1,03450	
3	$\ln BT = -0,77949 + 1,77175 \ln d + 0,00516 \ln ht^2 d$	0,87	35,48	1,03246	
4	$\ln BT = 3,07231 + 0,01776 \ln ht^2 d$	0,62	65,50	1,04667	
5	$\ln BT = -0,77949 + 0,88587 \ln d^2 + 0,00516 \ln ht^2 d$	0,87	35,48	1,03246	
6	$\ln BT = 3,557106 + 0,00483 dht$	0,35	87,33	1,07746	
7	$\ln BT = -1,03353 + 1,92706 \ln d + 0,00118 dht$	0,89	32,06	1,03059	
8	$\ln BT = -2,44886 + 2,05684 \ln d + 0,55255 \ln ht$	0,91	26,37	1,02852	78,25
9	$\ln BT = -2,96459 + 1,10152 \ln d^2 - 0,56933 \ln(1/ht)$	0,91	26,37	1,02852	78,25

Obs.: a amplitude dos resíduos somente foi calculada para as equações pré-selecionadas

Em uma análise inicial dos resultados, observa-se que as equações apresentaram bons resultados com base no coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), sendo que as equações aritméticas apresentaram melhores ajustes para esta estatística que as logarítmicas. Com exceção das equações logarítmicas 4 e 6 que apresentaram valores de 0,62 e 0,35 respectivamente para o  $R^2_{aj}$ , as demais equações apresentaram boa qualidade de ajuste, com valores que variaram de 0,86 a 0,93, indicando a variação percentual da variável dependente que é explicada pelas variáveis independentes. O melhor ajuste para esta estatística foi observado nas equações aritméticas 6, 8 e 9 que apresentaram um valor de 0,93, enquanto que a equação 6 logarítmica apresentou o pior ajuste com um valor de 0,35.

Com relação ao erro padrão da estimativa, os resultados indicam um desempenho semelhante para esta estatística entre as equações aritméticas e logarítmicas, com exceção das equações logarítmicas 4 e 6 que, da mesma forma como ocorreu para o  $R^2_{aj}$ , apresentaram os piores ajustes com valores de 65,50% e 87,33 % respectivamente. Interessante observar que para a variável dependente e a independente  $d_{ap}$ , quando colocadas na forma logarítmica, o erro padrão da estimativa em percentagem “Syx%” diminuiu de 36,12% para 32,72%.

Observando os valores da Tabela 9, apesar de haver uma alta correlação linear entre as variáveis  $\ln BT$  e  $\ln ht^2 d$  e as variáveis  $\ln BT$  e  $dht$  com  $r = 0,95$  e  $0,92$  respectivamente, quando colocadas no mesmo modelo, 4 e 6, após o ajuste, o Syx% da equação apresentou-se muito

alto, com valores de 65,50% e 87,33%. Com exceção destas duas equações, as demais, tanto nas formas aritméticas quanto logarítmicas, tiveram uma variação entre 25,47% e 36,82%.

As duas equações ajustadas pelo método *Forward*, apresentaram os melhores resultados dentro de seus conjuntos de equações (aritméticas e logarítmicas), com valores de 0,93 e 0,91 para o  $R^2_{aj}$  e 25,47% e 26,37% para o  $Sy_x\%$ .

Como quesito fundamental na escolha de uma equação de crescimento ou de produção, realizou-se a análise gráfica dos resíduos para verificação da distribuição dos resíduos da regressão de cada equação, uma vez que erros de tendência podem estar ocorrendo em alguma amplitude de classe de uma ou mais variável independente sem ser detectados pelas estatísticas que medem a exatidão. Estes gráficos são mostrados nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16, bem como a respectiva linha de ajuste da regressão.

Observando a Figura 5, que apresenta o diagrama de dispersão dos dados de biomassa total em relação ao dap, e com base em informações retiradas da literatura florestal, espera-se que a linha de ajuste apresente uma tendência potencial com relação à proporcionalidade de variação entre as duas variáveis.

Nos gráficos de resíduos das equações aritméticas, observa-se dois tipos de comportamento nas estimativas de biomassa total para diâmetros abaixo e acima de 20 cm. Para diâmetros abaixo de 20 cm, com exceção das equações 1 e 4, as estimativas são mais exatas, pois a amplitude dos resíduos é menor, apresentando uma variância homogênea. Para diâmetros acima de 20 cm, as estimativas são menos exatas, pois apresentam uma amplitude maior dos resíduos, porém apresentando também uma variância homogênea. Nas equações 1 e 4, observa-se nitidamente que para valores com diâmetros abaixo de 20 cm, há uma tendência de subestimativas passando para superestimativas até este valor. Com relação aos gráficos de tendência das linhas de ajuste, observa-se que com exceção das equações 1, 4 e 10 que apresentaram uma tendência linear, as demais equações apresentaram uma tendência exponencial, correspondendo com o esperado pelo que é informado na Figura 5.

Nos modelos logarítmicos, os gráficos dos resíduos se apresentaram semelhantes aos aritméticos para diâmetros menores que 20 cm, ou seja, pequena amplitude dos resíduos e variância homogênea. Para diâmetros maiores de 20 cm, com exceção das equações 8 e 9, que apresentaram uma variância homogênea, as demais apresentaram uma tendência a superestimativas à medida que os valores de dap aumentam. Para os gráficos de tendência das linhas de ajuste, todas as equações apresentaram uma linha de ajuste dentro do esperado, ou seja, com tendência potencial. Com base nestas análises, as equações pré-selecionadas foram: 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, aritméticas e 8 e 9 logarítmicas.

Como último critério para a escolha da melhor equação, a amplitude residual absoluta, observa-se que os modelos logarítmicos 8 e 9 apresentaram os menores valores, ou seja, 78,25. Optou-se então pela equação 8, pois sendo mais simplificada, facilita os cálculos das estimativas de biomassa total para as árvores inventariadas.

FIGURA 11 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA OS MODELOS ARITMÉTICOS 1 A 3

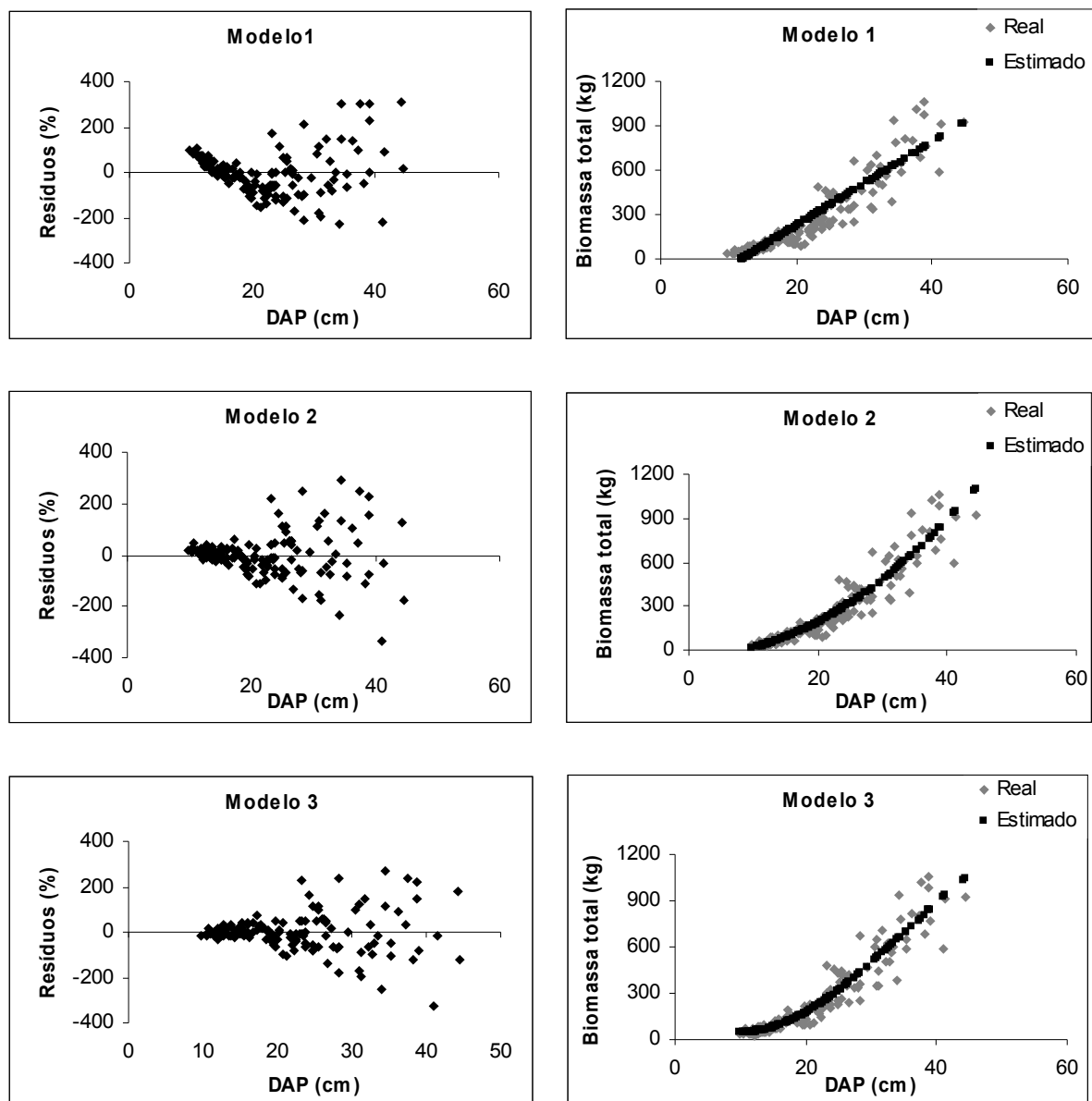


FIGURA 12 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA OS MODELOS ARITMÉTICOS 4 A 7

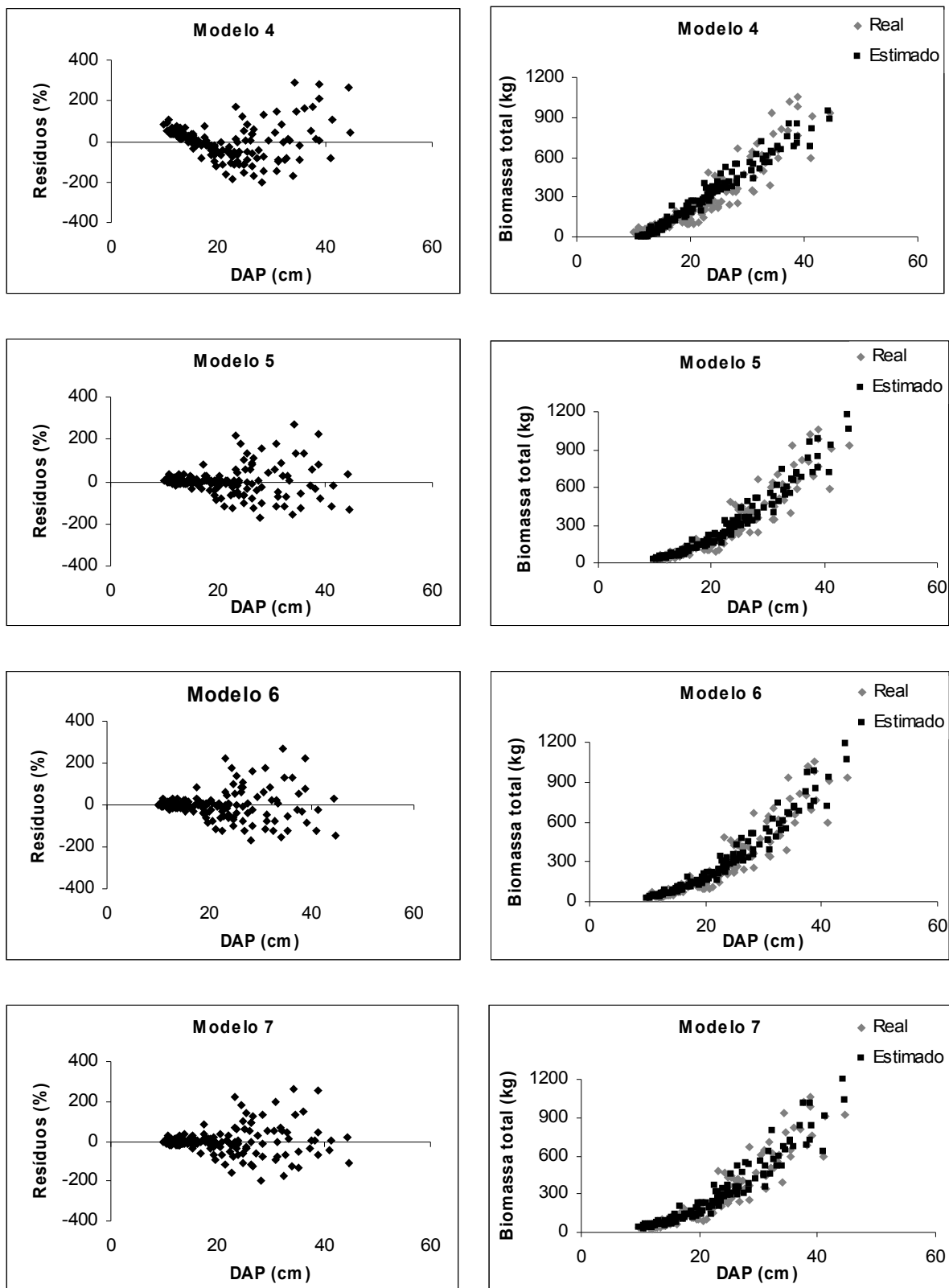


FIGURA 13 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA OS MODELOS ARITMÉTICOS 8 A 10

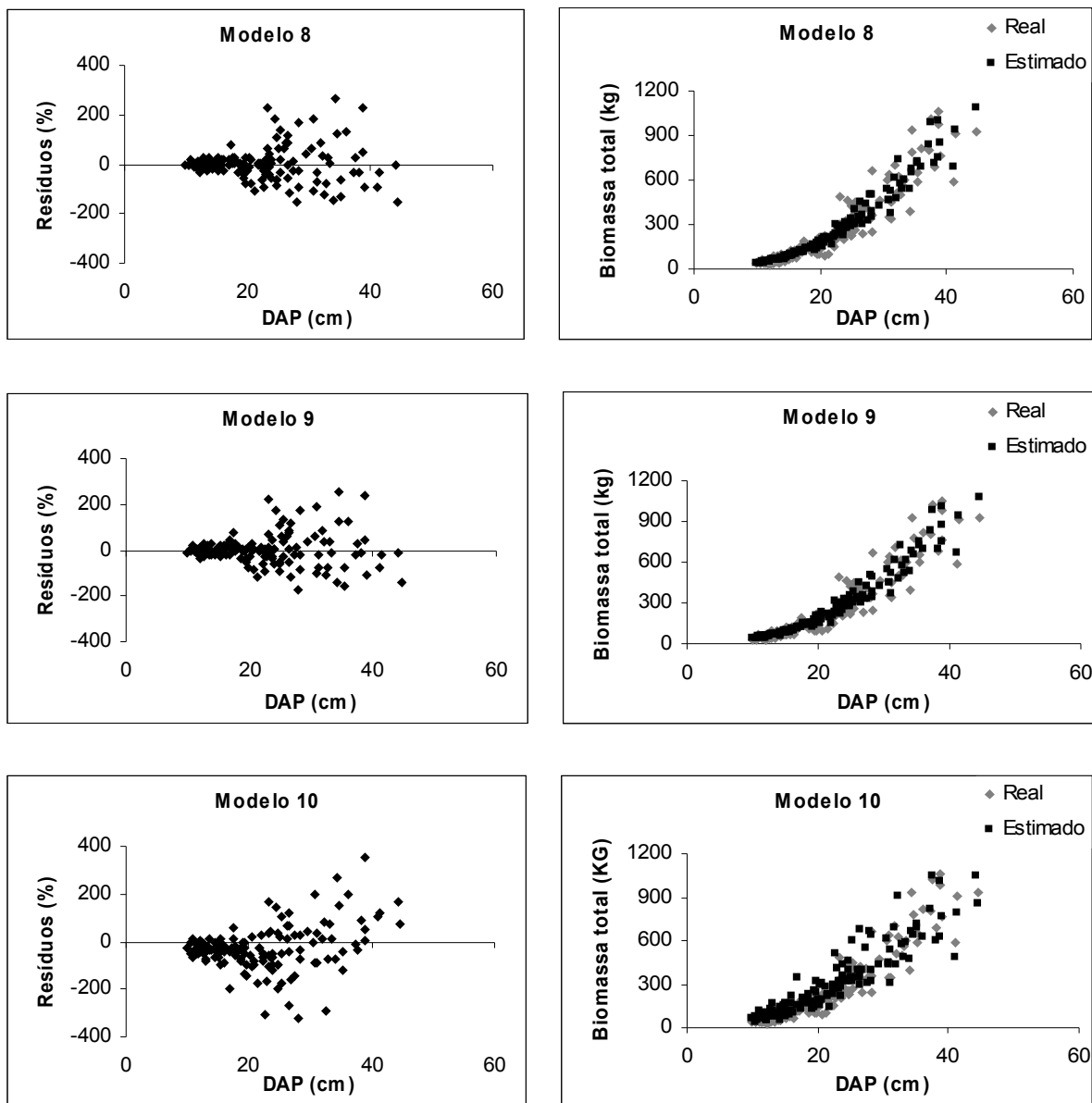




FIGURA 14 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA OS MODELOS LOGARÍTMICOS 1 A 4

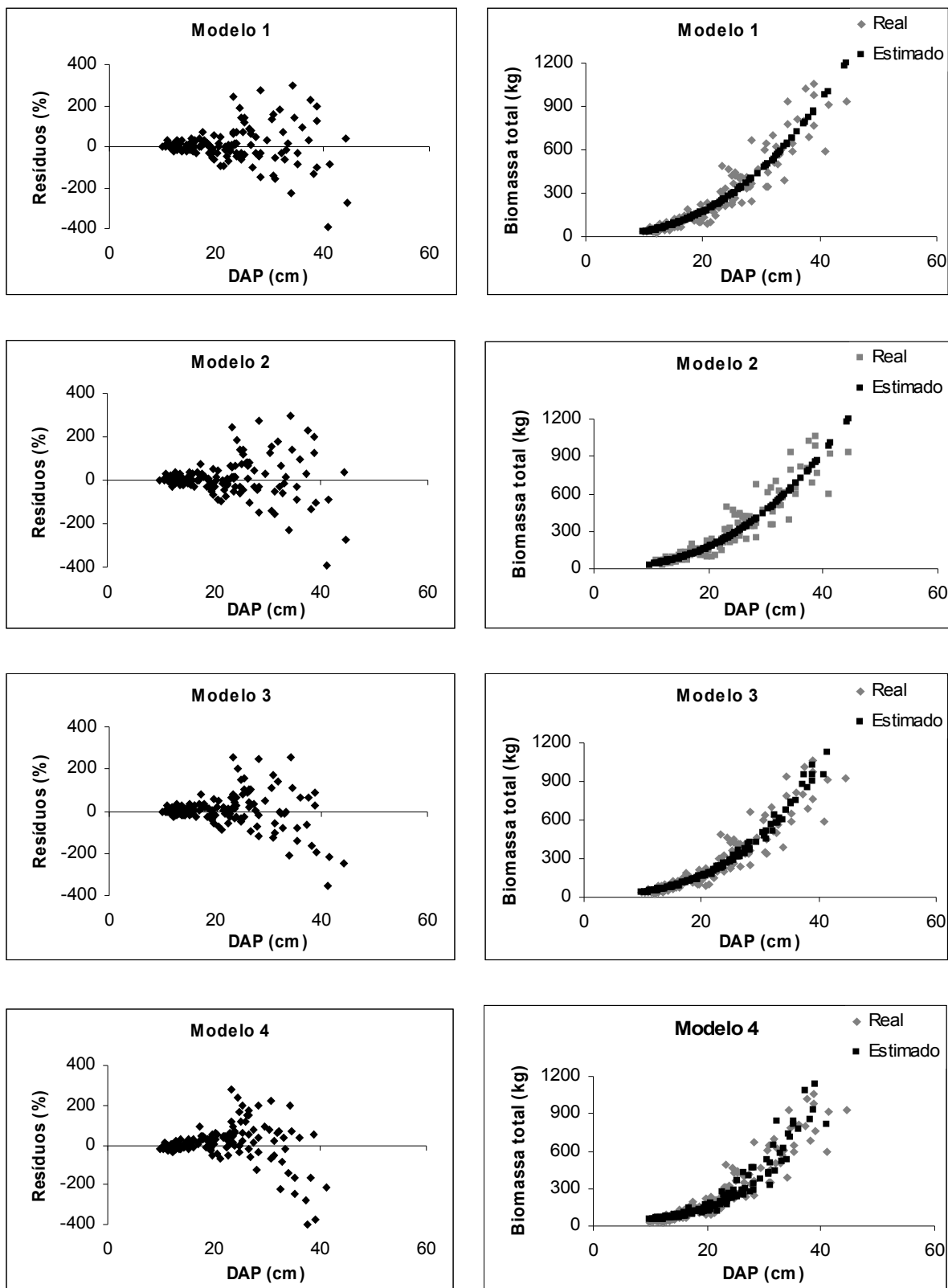


FIGURA 15 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA OS MODELOS LOGARÍTMICOS 5 A 8

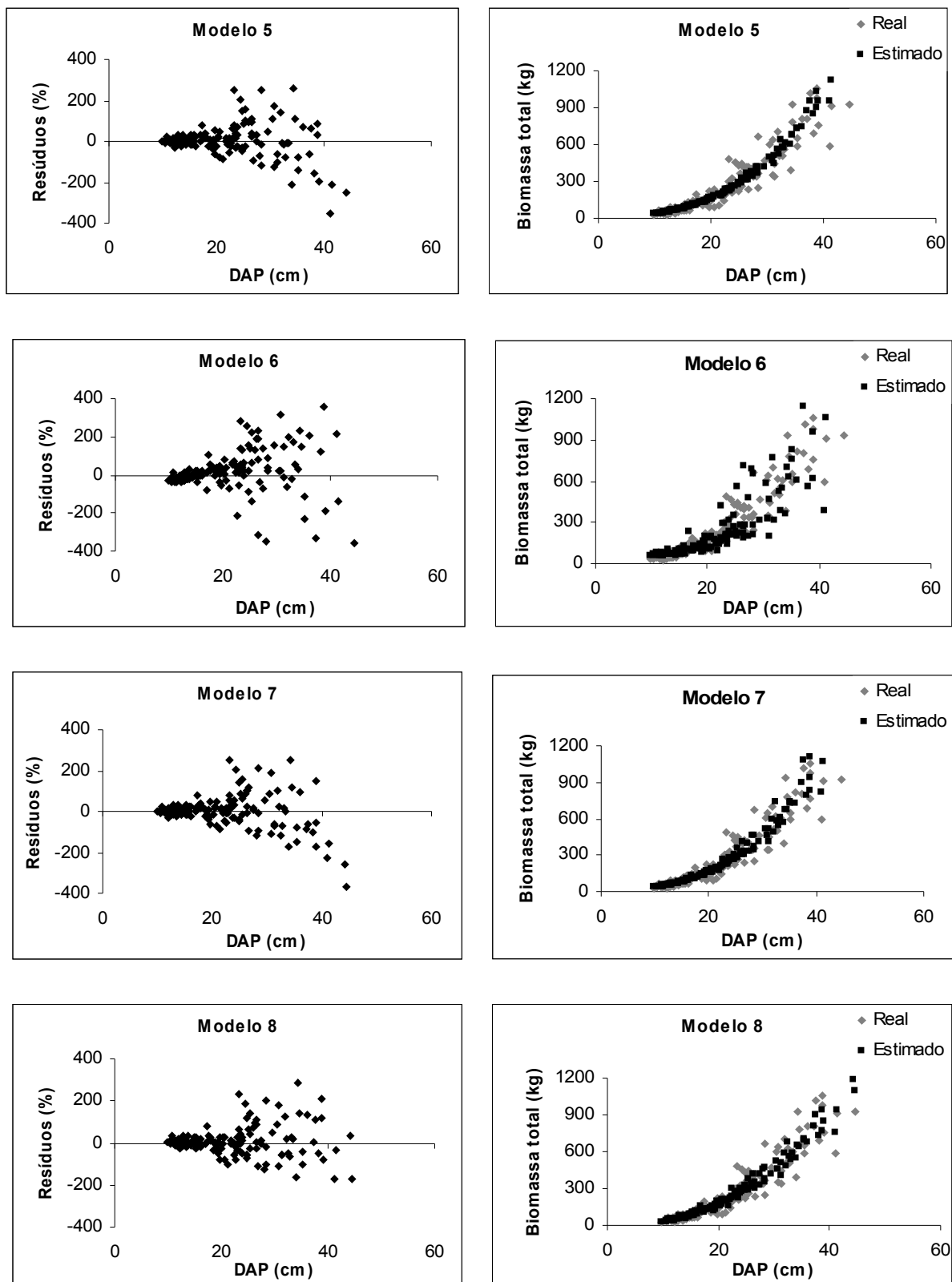
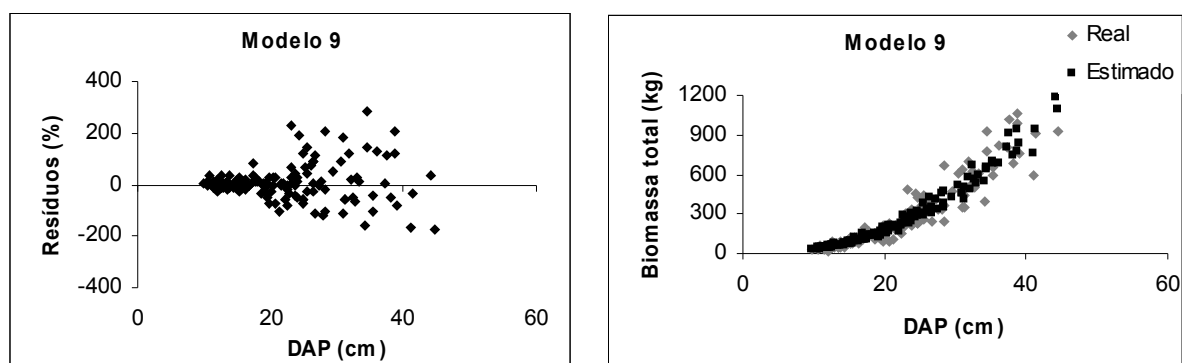


FIGURA 16 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP E LINHAS DE TENDÊNCIA DA BIOMASSA TOTAL EM FUNÇÃO DO DAP PARA O MODELO LOGARÍTMICO 9



#### 4.5.1 Validação da equação selecionada para biomassa total

A biomassa total das árvores separadas do conjunto inicial de árvores utilizadas no ajuste das equações (213), para fins de validação das equações (21), foram estimadas pela equação selecionada e o valor resultante comparado com o valor real medido, pelo teste do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ). O valor resultante do teste foi  $\chi^2 = 13,25$ , indicando que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as alturas reais e as alturas estimadas pela equação selecionada, ao nível de 99% de probabilidade.

Com o objetivo de se obter uma informação adicional relacionada à qualidade desta equação, comparou-se o somatório da biomassa real e o somatório da biomassa estimada nas 21 árvores separadas para validação. Enquanto que o somatório da biomassa real para estas árvores foi de 73,70 t, para as árvores estimadas foi de 69,88 t, significando uma diferença de apenas 5,18%.

#### 4.6 DENSIDADES BÁSICAS, FATORES DE EXPANSÃO E TEORES DE CARBONO

O valor do teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) calculado entre os valores dos fatores de expansão por espécie calculados pelos dois métodos foi de 30,39, não apresentando diferenças significativas ao nível de 99% de probabilidade. Os valores destes fatores são mostrados no Anexo VIII.

Optou-se pela utilização do fator determinado pela equação (2), uma vez que, além de se ter informações sobre as densidades básicas das espécies e volume comercial, segundo

Somogyi (2006), esta equação converte o volume comercializável para biomassa total acima do solo. Brown et al.(1989) utilizaram esta equação na estimativa de biomassa total na região amazônica, tendo em vista que dispunham somente de dados de volume comercial provenientes do Projeto RADAMBRASIL. Em florestas sem alterações, exploradas e não produtivas, foram utilizados os fatores de expansão 1,74, 1,95 e 1,57 respectivamente. Estes fatores são provenientes de pesquisas realizadas na Venezuela, enquanto que as informações sobre as densidades básicas foram obtidas pela relação entre volume verde e peso seco.

HARIPRIYA (2000) em estudos sobre estimativa de estoque de biomassa e carbono em florestas da Índia, nos quais foram utilizados fatores de expansão, obteve resultados considerados satisfatórios. Estes fatores, dependendo do extrato arbóreo da floresta, apresentaram os valores de 1,06, 1,51, 1,55 e 1,59.

LEHTONEN et al. (2004) realizaram estudos visando o desenvolvimento de fatores de expansão para biomassa em função da idade, em vários tipos de formações florestais. Os resultados mostraram que estes fatores sofreram variações significativas não só a nível de espécies como também por classes de idade. Para as florestas do gênero *Pinus* os fatores variaram de 0,690 à 0,710, já para as florestas do gênero *Picea* variaram de 0,777 à 0,862 e para florestas de folhosas variaram de 0,544 à 0,556.

Os Anexos VII e VIII mostram os valores determinados das densidades básicas, fatores de expansão e teores de carbono por espécie, como também as suas médias. A Figura 17 mostra uma relação inversa entre as variáveis FEB e densidade básica, o que já era esperado pela relação aritmética existente entre estas variáveis. Observa-se que a distribuição dos pontos obedece um certo padrão, indicando uma relação significativa entre estas duas variáveis. Esta relação é comprovada na Tabela 15, onde se observa que o coeficiente de correlação linear é de -0,77.

FIGURA 17 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHA DE TENDÊNCIA ENTRE FATOR EXPANSÃO DE BIOMASSA E DENSIDADE BÁSICA

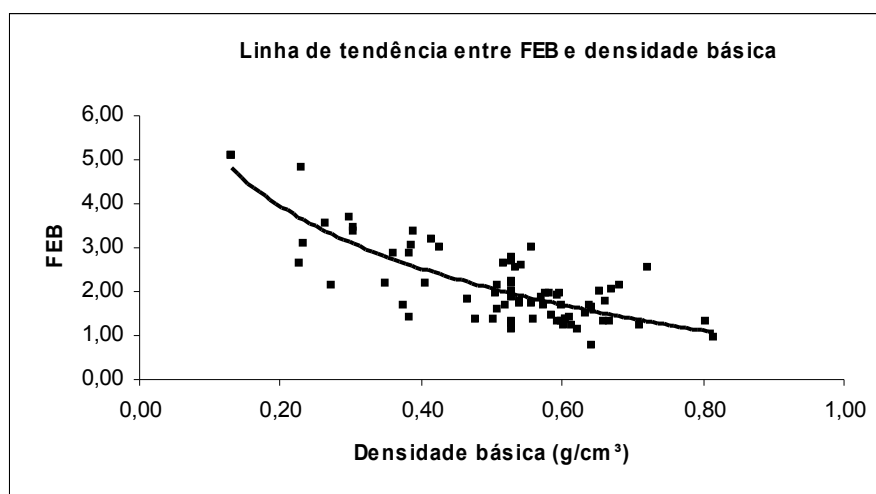
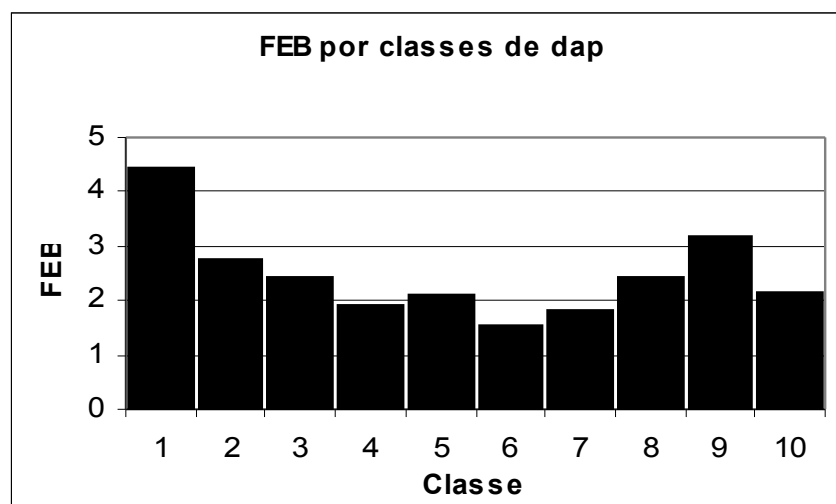


TABELA 15 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE AS VARIÁVEIS DENSIDADE, BIOMASSA, VOLUME COMERCIAL E FEB

	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Biomassa (kg)	Volume comercial (m <sup>3</sup> )	FEB
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1			
Biomassa (kg)	0,30	1		
Volume comercial (m <sup>3</sup> )	0,31	0,92	1	
FEB	-0,77	-0,17	-0,31	1

A Figura 18 e o Anexo IX mostram os valores dos fatores de expansão por classes de dap. Observa-se que, apesar da variável fator de expansão ser diretamente proporcional à biomassa em sua expressão matemática, os seus valores não obedecem esta tendência ao longo das classes de diâmetro.

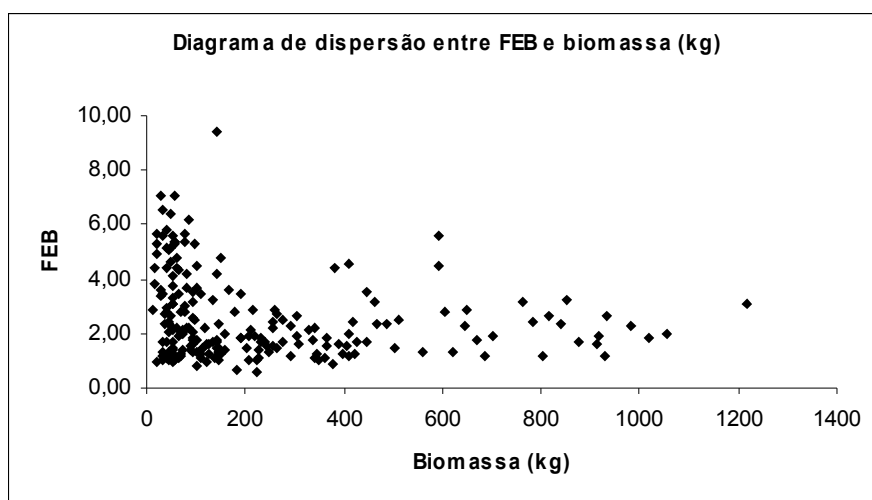
FIGURA 18 – FATOR DE EXPANSÃO DE BIOMASSA POR CLASSES DE DAP



Da classe 1 a 4 os seus valores diminuem, enquanto que da classe 6 a 9, aumentam. Esta flutuação de valores é explicada pelo fato de que esta variável não é somente influenciada matematicamente pela biomassa, mas também pelo volume da árvore e pela densidade básica da espécie, onde ocorre uma relação inversamente proporcional.

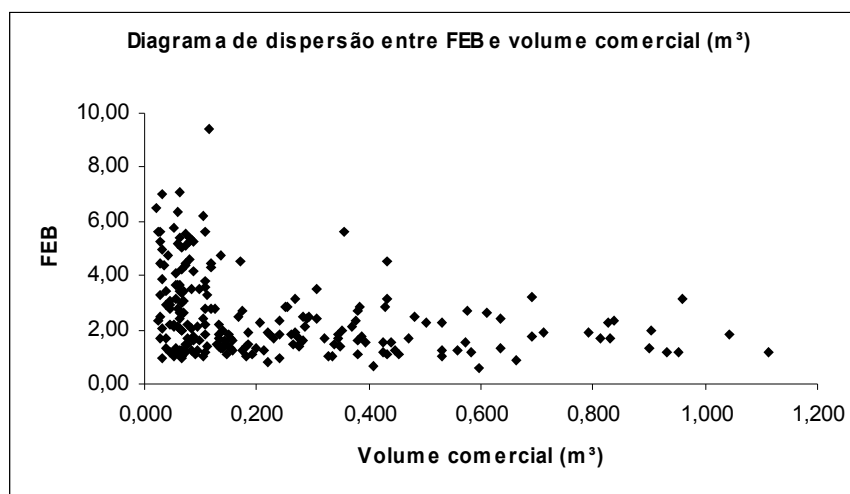
A Figura 19 mostra que, apesar de ser diretamente proporcional pela expressão aritmética, as variáveis biomassa e FEB apresentam uma relação fraca, uma vez que não é observado um certo padrão de distribuição entre os pontos. Este fato também é comprovado na Tabela 15, onde é observado que o coeficiente de correlação entre estas duas variáveis é -0,17.

FIGURA 19 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE FATOR EXPANSÃO DE BIOMASSA E BIOMASSA



Na Figura 20 observa-se que há também uma relação fraca entre as variáveis volume comercial e FEB, pois não é observado um certo padrão de distribuição entre os pontos. Esta relação fraca é comprovada na Tabela 15, onde é observado um coeficiente de correlação de -0,31.

FIGURA 20 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE FATOR DE EXPANSÃO DE BIOMASSA E VOLUME COMERCIAL



O comportamento da variável FEB em função da biomassa e do volume comercial apresentou-se similar ao trabalho de FANG e WANG (2001). Nesse trabalho, realizado na China, estimou-se biomassa em povoamentos florestais de várias idades e sítios, tendo o método por fator de expansão apresentado os melhores resultados.

Analisando as correlações entre a variável FEB e densidade, biomassa e volume comercial, é importante levar em consideração as afirmações de SOMOGYI et al. (2006) e BROWN (1997) que afirmaram que esta variável não é função apenas de variáveis dendrométricas como dap e altura, ou no presente estudo, da densidade básica de uma espécie, biomassa e volume comercial, pois ela é altamente influenciada pela espécie, idade, tipo florestal, sítio florestal e sistemas de tratamentos silviculturais.

As conseqüências de se desenvolver FEB para determinadas espécies e tipos florestais, e utilizá-los em outras localidades totalmente distintas são bem demonstradas por SOMOGYI et al. (2006), que realizando esta experiência, obtiveram estimativas variadas de biomassa que diferenciaram em até 40%.

## 4.7 – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA

A partir dos resultados apresentados no ANEXO XXI, foi construída a Tabela 16, a qual mostra a estimativa média de biomassa total, utilizando-se a equação selecionada para biomassa, fator de expansão médio, por espécie e por classes de dap.

TABELA 16 – ESTIMATIVA MÉDIA DE BIOMASSA (T HA<sup>-1</sup>) CONFORME MÉTODO DE ESTIMATIVA

<b>Método</b>	<b>Biomassa (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Diferença pelo modelo (%)</b>
<b>Equação selecionada</b>	153,58	
<b>FEB médio</b>	157,71	2,68 (↑)
<b>FEB por espécie (77)</b>	161,30	5,02 (↑)
<b>FEB por classes de dap</b>	164,18	6,90 (↑)

O método que apresentou resultado mais próximo da estimativa realizada pela equação selecionada para biomassa, foi o que utilizou FEB médio, uma vez que a diferença foi de 2,68% para mais, enquanto que por FEB por espécie (77) a diferença chegou a 5,02% para mais, e por FEB em classes de dap a diferença chegou a 6,90% para mais, sendo apresentada a maior diferença.

Grande parte das pesquisas encontradas na literatura sobre estimativas de biomassa onde são utilizados fatores de expansão são realizadas em povoamentos florestais, geralmente com poucas espécies, tendo informações não disponíveis neste trabalho como idade, sítio florestal e tratamentos silviculturais. Dentre estas, pode-se citar as pesquisas de LEHTONEN et al. (2004), JALKANEN et al. (2005), SCHNEIDER et al. (2005) e FANG e WANG (2001). Estas informações adicionais oferecem condições para o desenvolvimento mais detalhado destas pesquisas, obtendo-se consequentemente resultados mais precisos.

Estudos de biomassa e carbono em floresta heterogênea, envolvendo a variável fator de expansão, não são muito comuns de serem encontrados na literatura. No Brasil, destaca-se o trabalho realizado por BROWN et al. (1989) na região amazônica em que foram utilizados os dados de inventário florestal do Projeto RADAMBRASIL, juntamente com os inventários da FAO (HEINSDIJK, 1958). Ambos objetivaram estimar o volume comercial de madeira visando subsidiar projetos de exploração comercial. Estas estimativas foram baseadas em aproximadamente 3000 parcelas de 1 ha distribuídas em toda região amazônica. Conforme a tipologia florestal, ou seja, floresta não explorada, explorada e não produtiva, foram utilizados respectivamente os valores para os fatores de expansão de 1,74, 1,90 e 2,0, sendo o estoque de



biomassa aérea estimada entre 138 a 192 t ha<sup>-1</sup>. BROWN et al. (1989) mencionaram que no Sri Lanka, país cuja floresta já sofreu intervenção, a estimativa de estoque de biomassa total acima do solo situou-se no intervalo entre 153-221 t ha<sup>-1</sup>.

Na quantificação de biomassa total acima do solo em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, VOGEL, SCHUMACHER e TRÜBY (2006), obtiveram uma estimativa média de 210 t ha<sup>-1</sup>. Nesta pesquisa foi realizado um inventário florestal da área de estudo, onde foram demarcadas 12 parcelas de 10 x 10 m cada, medindo-se todos os dap's das árvores ≥ 10 cm., sendo estes dados subdivididos em 5 classes de diâmetro. Esta estimativa foi obtida pelo uso da equação  $\log y = b_0 + b_1 \cdot \log dap$ .

GREEN et al. (2005), realizando estudos de biomassa e carbono em florestas de Stika spruce (*Picea sitchensis* (Bong) Carr.) na Irlanda, estimaram o estoque de biomassa em 143 t ha<sup>-1</sup> utilizando modelos tradicionais. Nos modelos com fator de expansão esta estimativa foi reduzida para 103 t ha<sup>-1</sup>. Estes autores explicam que os modelos tradicionais não apresentaram um bom ajuste, razão pela qual esta diferença apresentou-se significativa.

BRUN (2004) encontrou em uma Floresta Estacional Decidual Secundária com cerca de 50 anos, em Santa Tereza, estado do Rio Grande do Sul, uma biomassa média acima do solo de 157,6 t ha<sup>-1</sup>. A biomassa das parcelas analisadas variou de 82,7 t ha<sup>-1</sup> a 232,5 t ha<sup>-1</sup>, indicando uma alta variabilidade da estimativa nas parcelas, fato esse também observado no presente estudo.

Em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, WATZLAWICK (2003) estimou uma biomassa acima do solo com dap ≥ 10 cm, de 210,4 t ha<sup>-1</sup>. Já GOLLEY et al. (1978), em uma Floresta Tropical Úmida no Panamá, constataram realidades bastante diferentes de acordo com o local, uma vez que o sítio para a estação úmida tinha também uma densidade maior de árvores. A biomassa acima do solo foi estimada em 367,0 t ha<sup>-1</sup> para o sítio da estação úmida, e 263,5 t ha<sup>-1</sup>, para o sítio da estação seca.

#### 4.8 – ESTIMATIVAS DE CARBONO

A Tabela 17, construída também a partir do ANEXO XXI, mostra a estimativa média de carbono por amostra, cujas estimativas de biomassa foram feitas utilizando-se a equação selecionada para biomassa, fator de expansão médio, por espécie e por classes de dap. Comparando-se as estimativas em que foram utilizados fatores de expansão com a realizada

pela equação selecionada, verifica-se um comportamento semelhante às estimativas de biomassa, ou seja, um aumento de 2,32% para FEB médio, 5,05% para FEB por espécie (77) e 6,97% para FEB por classes de dap. Utilizando o valor default sugerido pelo IPCC (0,5) ocorreu também um aumento de 18,93%.

TABELA 17 – ESTIMATIVA MÉDIA DE CARBONO (T HA<sup>-1</sup>) CONFORME MÉTODO DE ESTIMATIVA

Método	Carbono (t ha <sup>-1</sup> )	Diferença pelo modelo(%)
<b>Equação selecionada</b>	64,48	
<b>FEB médio</b>	65,98	2,32 (↑)
<b>FEB por espécie (77)</b>	67,74	5,05 (↑)
<b>FEB por classes de dap</b>	68,98	6,97 (↑)
<b>valor default IPCC (0,5)</b>	76,69	18,93 (↑)

Segundo SCHNEIDER et al. (2005), este método em que são utilizados fatores de expansão visando estimativas de biomassa e carbono, conhecido também como método da derivação do volume em biomassa e carbono, reduz as incertezas na estimativa do estoque de carbono das florestas, sendo mostrado eficiente na determinação do estoque de carbono, apresentando uma diferença relativa média de apenas 4,4% considerando toda a amostragem e independência da idade do povoamento. Tal método tem sido usado para estimativas do estoque de carbono em florestas do Canadá (APPS e KURZ, 1994), florestas dos Estados Unidos da América (TURNER et al. 1995), florestas da Rússia (ALEXEYEV et al. 1995) e florestas da China (FANG et al. 2001).

Na estimativa de estoque de carbono pelo método citado acima, em povoamentos de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.), SCHNEIDER et al. (2005) encontraram para a idade de 7 anos, 99,46 t ha<sup>-1</sup> no índice de sítio 20, 82,98 t ha<sup>-1</sup> no índice de sítio 16 e 46,13 t ha<sup>-1</sup> no índice de sítio 12. Estes autores ainda mencionaram que este método mostrou-se bastante eficiente, pois o erro relativo médio foi baixo, quando considerado o total da amostragem, estratificada por sítios e idade, indicando ser uma boa opção para obter com baixo custo o estoque de biomassa e carbono das florestas, bastando conhecer o volume, a densidade básica da madeira, a proporção de biomassa e a concentração de carbono.

HARIPRIYA (2000) em estudos de biomassa e carbono na Índia obteve uma estimativa de carbono de 82,45 t ha<sup>-1</sup> em florestas “Spruce”, 74,35 t ha<sup>-1</sup> em florestas “Fir-spruce”, 72,15 t ha<sup>-1</sup> em florestas “Blue-pine”, 68,5 t ha<sup>-1</sup> em florestas “Dipteocarpus” e 69,4 t ha<sup>-1</sup> em florestas “Evergreen”. GREEN et al. (2005), realizando estudos de biomassa e carbono em florestas de Stika spruce (*Picea sitchensis* (Bong) Carr.) na Irlanda, estimaram o

estoque de carbono em 74 t ha<sup>-1</sup> utilizando modelos tradicionais, com um erro de 7%. Nos modelos com fatores de expansão, esta estimativa foi reduzida para 44 t ha<sup>-1</sup>.

#### 4.8.1 Valoração monetária da floresta e o papel do mercado do carbono

A partir das estimativas geradas sobre as quantidades de carbono fixadas por hectare de acordo com o método, Tabela 17, foram estimadas também as quantidades de CO<sub>2</sub> que seriam removidas da atmosfera, por ocasião do uso do carbono pelas plantas, mostradas na Tabela 18. Segundo BALBINOT (2004), estas estimativas são alcançadas por meio da multiplicação do peso atômico do carbono por 3,6667, que é o fator de conversão dos pesos atômicos da molécula de C (peso atômico 12) para a de CO<sub>2</sub> (peso atômico 44), que é o gás sobre o qual é valorado o serviço da floresta de fixar carbono, e que deve servir de base para os cálculos do fluxo de caixa para um possível projeto.

A Tabela 18 mostra que a menor quantidade de CO<sub>2</sub> removida foi estimada pelo método do modelo selecionado para biomassa com 236,43 t ha<sup>-1</sup>, enquanto que a maior foi estimada pelo método em que foi utilizado o valor default (0,5) do IPCC com um valor de 281,20 t ha<sup>-1</sup>.

TABELA 18 – DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) REMOVIDO DA ATMOSFERA (T HA<sup>-1</sup>), CONFORME O MÉTODO DE ESTIMATIVA

<b>método</b>	<b>Carbono estimado (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>CO<sub>2</sub> removido (t ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>modelo</b>	64,48	236,43
<b>FEB médio</b>	65,98	241,93
<b>FEB por espécie (77)</b>	67,74	248,38
<b>FEB por classes de dap</b>	68,98	252,93
<b>valor default IPCC (0,5)</b>	76,69	281,20

Para a análise do valor monetário da área florestal em estudo, foi utilizado um valor médio pago pela tonelada de carbono para projetos florestais MDL, segundo SCHEIDT (2008), de US\$ 12,00 por tonelada fixada. Este valor foi então multiplicado pelo total de carbono removido, obtendo-se o valor desta floresta em pé para cada método de estimativa (Tabela 19). Como consequência das estimativas anteriores, observa-se que a menor avaliação, US\$ 2837,16 ha<sup>-1</sup>, foi dada pelo método do modelo selecionado para biomassa, enquanto que a maior foi dada pelo método em que foi utilizado o valor default (0,5) sugerido pelo IPCC, com um valor de US\$ 3374,4 ha<sup>-1</sup>.

TABELA 19 – VALOR MONETÁRIO DA FLORESTA (US\$/HA) POR MÉTODO DE ESTIMATIVA

<b>método</b>	<b>Carbono removido (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Valor da floresta (US\$/ha)</b>
<b>modelo</b>	236,43	2837,16
<b>FEB médio</b>	241,93	2903,16
<b>FEB por espécie (77)</b>	248,38	2980,56
<b>FEB por classes de dap</b>	252,93	3035,16
<b>valor default IPCC (0,5)</b>	281,20	3374,40

Segundo MOUTINHO e SANTILLI (2005) a dinâmica econômica global relacionada a agroindústria e mesmo a produção de pequenos agricultores indica que floresta só fica em pé quando o custo de derrubada (manter floresta em pé, sob este aspecto, é caro) torna-se maior do que o ganho potencial com a conversão para outro uso. Sem quebrar esta relação, conservar grandes áreas com florestas tropicais será muito difícil.

Assim, a preservação de grandes áreas de florestas só será possível se houver um mecanismo capaz de dar valor monetário a floresta em pé que vão além daqueles valores conferidos aos seus recursos florestais e não florestais. Este certamente é o desafio maior para o estabelecimento de uma economia sustentável e ambientalmente saudável nas principais regiões com florestas do Brasil.

O mecanismo econômico mais poderoso para financiar políticas que visem a conservação de grandes extensões tropicais, talvez esteja calcado em “commodities” não visíveis, mas reais, tais como os serviços ambientais prestados pela floresta em pé. Neste sentido, o atual mercado de carbono criado pelo Protocolo de Kyoto talvez seja o mecanismo mais promissor para que florestas tropicais sejam valoradas e possam apresentar vantagem econômica para os países que as detém e para os povos que nela e dela vivem (MOUTINHO e SANTILLI, 2005).

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados encontrados no presente trabalho permitiram concluir que:

- As estatísticas de ajuste para as equações que estimam volume comercial apresentaram resultados satisfatórios, possibilitando a aplicação do método da derivação do volume comercial em estimativa de estoque de biomassa e carbono;
- Os modelos aritméticos e logarítmicos testados para se estimar biomassa aérea, de um modo geral apresentaram bons ajustes, com várias equações apresentando comportamento bem semelhantes;
- A relação inversa observada entre as variáveis fator de expansão de biomassa e densidade básica da madeira é entendida como uma forma de compensação para que em árvores com densidades altas, a sua biomassa não seja superestimada;
- A variação dos valores da variável fator de expansão de biomassa entre as classes de dap não obedece um padrão de variação uma vez que esta variável é influenciada não só pela biomassa e volume comercial, como também pela densidade básica da madeira;
- A correlação entre a variável fator de expansão de biomassa e as variáveis biomassa e volume comercial é fraca, uma vez que além de ser influenciada pela densidade básica da madeira e volume comercial, depende também do sítio florestal, espécie e tratamentos silviculturais;
- A metodologia apresentada e desenvolvida para estimar estoque de biomassa e carbono apresenta grande confiabilidade, uma vez que os seus resultados estão bem próximos dos resultados dos trabalhos que estão sendo desenvolvidos atualmente;
- A metodologia da derivação do volume comercial em estoque de biomassa e carbono apresenta resultados muito próximos com aquela realizada por modelos de regressão, tendo em vista que a maior diferença entre as estimativas, tanto para estoque de carbono como para biomassa, ficou em torno de 6,5%;

- A estimativa em que é utilizado o fator de expansão médio, apesar de não ser tão específico em sua utilização quanto o fator por espécie e por classes de dap, apresenta melhores resultados quando se compara com as estimativas realizadas por modelos de regressão.

Quanto aos métodos de estimativa de estoque de biomassa e carbono desenvolvidos neste trabalho, e com base em seus resultados, recomenda-se que:

- Em função da qualidade e semelhança nos ajustes para os modelos aritméticos e logarítmicos, em estudos de biomassa estas duas formas de modelos terão sempre que serem testadas, caso contrário, corre-se o risco de que não sejam testados modelos com grande potencial de ajuste;
- É observada uma variação nos valores dos fatores de expansão por espécie e por classes de dap, recomendando-se que estes valores não sejam utilizados em outras pesquisas, mesmo sendo de mesma tipologia florestal e grupo de espécies, pois como já mencionado, poderão ocorrer diferenças nas estimativas de biomassa e carbono em até 40%;
- Quando se tem disponível informações como densidade básica da madeira e volume comercial em estudos de estimativa de estoque de biomassa e carbono, recomenda-se que estas estimativas sejam realizadas tanto pelos modelos tradicionais de regressão, quanto pelo método da derivação do volume comercial, pois quando realizados de maneira adequada, apresentam resultados bem próximos, tornando a pesquisa mais confiável e com mais parâmetros de comparações;
- A metodologia da derivação do volume comercial em biomassa e carbono indica ser uma boa opção para se obter com baixo custo informações sobre estoque de biomassa e carbono das florestas. Conhecendo-se o volume comercial, a densidade básica da madeira, a proporção de biomassa e a concentração de carbono, é possível estimar fatores de expansão e conseqüentemente estoques de biomassa e carbono;
- Os resultados dos dois métodos de determinação de fatores de expansão para biomassa desenvolvidos neste trabalho não apresentaram diferenças significativas. Tendo a disponibilidade de informações como densidade básica da madeira e volume comercial, sugere-se que em outras pesquisas a sua determinação seja sempre

realizada pelos dois métodos e bem analisadas antes de sua aplicação, pois uma diferença aparentemente pequena entre os seus valores, poderá gerar diferenças significativas em estimativas de biomassa e carbono.

## 7 REFERÊNCIAS

- AHRENS, S. Importância da distribuição de resíduos de regressão na seleção de equações de volume. *Silvicultura*, São Paulo, v.8, n.28, p.609-614, 1983.
- ALEXEIEV, V., BIRDSEY, R., STAKANOV, V., KOROTKOV, I. Carbon in vegetation of Russian forests. Methods to estimate storage and geographical distribution. *Water and soil*, v.82, p.271-382, 1995.
- ANDRAE, F.; KRAPPENBAUER, A. Inventário de um reflorestamento de araucária de 17 anos em Passo Fundo, R.S. **In:** PESQUISAS austro-brasileiras 1973-1982 sobre *Araucária angustifolia*, *Podocarpus lambertii* e *Eucalyptus saligna*. Inventário de nutrientes. Santa Maria: UFSM, 1983. p. 30-35.
- ANGELINI, F.; MILONE, G. **Estatística Geral**. São Paulo, 1993. 206 p.
- APPS, M. J.; KURZ, W. A. The role of Canadian forests in the global carbon budget. **In:** KANNINEN, M. (Ed.). Carbon Balance of World's Forested Ecosystems: Towards a Global Assessment. Finland: SILMU, 1994. p. 14-39.
- AZEVEDO, C.P.; MUROYA, K.; GARCIA, L.C.; LIMA, R.M.B.; MOURA, J.B.; NEVES, E.J.M. Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em plantio homogêneo e em diferentes idades na Amazônia ocidental. **Boletim de pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p.5-29, 1999.
- BALBINOT, R. **Implantação de florestas geradoras de créditos de carbono: Estudo de viabilidade no sul do estado do Paraná, Brasil**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.
- BALDWIN, V. C. JR. A Summary of equations for predicting biomass of planted southern pines. **In:** ESTIMATING TREE BIOMASS REGRESSIONS AND THEIR CONTRIBUTION TO THE ERROR OF FOREST INVENTORY ESTIMATES. Proceedings of the Workshop on tree biomass regression functions and their contribution to the error of forest inventory estimates. USDA. Forest Service, 1987. p. 157-171. Gen Tech. Rep. NE-117.
- BARRA, O. S. V. Experiência do Chile em estudos de carbono. **In:** SANQUETTA, C.R. *et al.* (Ed.). As florestas e o carbono. Curitiba, 2002. p. 237-250.
- BIRDSEY, R.A. Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems. Washington, DC: **USDA Forest Service**. 1992. General Technical Report WO-59
- BRAGA, H. J.; GHELLRE, R. Proposta de diferenciação climática para o Estado de Santa Catarina. **In:** Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia. Anais. 1999.



BROWN, S.; LUGO, A. E. Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes. **Science**, Washington, D. C. n. 223, p. 1290-1293, 1984.

BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A.E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, Lawrence, v. 35, p. 881-902, 1989.

BROWN, S., LUGO, A.E. **Biomass estimates moist forest the Brazilian Amazon**. 2. ed., 1990. 25 p.

BROWN, S.; IVERSON, L. R. Biomass estimates for tropical forests. **World resources Review**, n. 4, p. 366-384, 1992.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A Primer**. Rome: 1997. FAO, 55 p.

BROWN, S. L.; SCHOEDER, P. e KERN, J. S. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 123, n. 1-3, p. 81-90, 1999.

BRUN, E. J. **Biomassa e nutrientes na Floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS**. 2004. 136 f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura). Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

CAMPOS, J.C.C.; TREVIZOL JÚNIOR, T.L.; PAULA NETO, F. de. Ainda, sobre a seleção de equações de volume. **Revista Árvore**, Viçosa, M. G. v.9, n.2, p. 115-126, 1985.

CAMPOS, M. A. A. **Balço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*. Avaliação na safra e na safrinha**. 106 p. Dissertação (Mestrado). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

CAMPOS, C. P. de. **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo no Protocolo de Quioto**. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Estratégico). Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CHARNET, R.; FREIRE, C. A de L.; CHARNET, E. M. R.; BONVINO, H. **Análise de modelos de regressão linear com aplicações**. Campinas – SP: Editora da Unicamp. 356 p. 1999.

CHAVE, J.; ANDALO, C. BROWN, S.; CAIRNS, M. A.; CHAMBERS, J. Q.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J. P.; NELSON, B. W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, 145: 87-99, 2005.

CLARK, D.B., CLARK, D.A. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 137, n. 1-3, p. 185-198, 2000.

CLARK, A. Summary of biomass equations available for softwood and hardwood species in the southern United States. In: ESTIMATING TREE BIOMASS REGRESSIONS AND THEIR ERROR. Proceedings of the Work-shop on tree biomass regression functions and their contribution to the error of forest inventory estimates. USDA. **Forest Service**, 1987. p. 173-188. Gen Tech. Rep. NE-117.

COUTO, H.T.Z. do. Tabelas de volume para brotação de touças de *Eucalyptus saligna* Sm. **IPEF**, Piracicaba, n.15, p. 117-121, 1977.

COUTO, H.T.Z. do; VETTORAZZO, S.S. Seleção de equações de volume e peso seco comercial para *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, M. G., v.5, n.1, p. 69-80, 1999.

CROW, T. R.; SCHLAEGEL, B. E. A guide to using regression equations for estimating tree biomass. **Northern Journal of Applied Forestry**, v. 5, n.1, mar, 1988.

CUNIA, T. R. Construction of tree biomass tables by linear regression techniques. In: ESTIMATING TREE BIOMASS REGRESSION AND THEIR ERROR. Proceedings of the Workshop on tree biomass regression functions and their contribution to the error of forest inventory estimates. USDA. **Forest Service**, 1986. p. 27-36. Gen Tech. Rep. NE-117.

CURTIS, R. O. Height diameter and height diameter age equations for second growth Douglas-fir. **Forest Science**, Washington, v. 13, n. 4, p. 365-375, 1967.

DIXON, R.K.; HOUGHTON, R. A.; SOLOMON, A.M.; TREXLER, M.C. e WISNIEVSKI, J. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. **Science**, Washington, D. C., v. 263, p. 185-190, 1994.

DRAPER, N.R. e SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 2 ed. 709 p.

FAN, S.; GLOOR M.; MAHLMAN J.; PACALA S.; SARMIENTO J.; TAKAHASHI T. A large terrestrial carbon sink in north America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide models. **Science**, Washington, D. C., n. 282, p. 386-387, 1998.

FANG, J. Y.; WANG, Z. M. Forest biomass estimation at regional and global levels, with especial reference to China's forest biomass. **Ecological Research**, Tsukuda, n. 16, p. 587-592, 2001.

FEARNSIDE, P. M. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 90, n. 1-3, p. 59-87, 1997.

GAPLAN. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, 1986. 173p.

FEARNSIDE, P. M. Greenhouse gas contributions from deforestation in Brazilian Amazonia. In: LEVINE, J. S. (Ed.) **Global Biomass Burning: Atmospheric Climatic and Biospheric Implications**. Boston: MIT, p. 92-105, 1991.

FEARNSIDE, P. M. Biomassa das florestas amazônicas brasileiras. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO<sub>2</sub> – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CURD, 1994. p.95–124. 1994.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Método para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, n. 2/3, p.65-74, 1971.

GARDNER, R. H.; MANKIN, J. B. analysis of biomass allocation in forest ecosystems of the IBP. In: REICHLE, P. D. **Dynamic properties of forest ecosystems**. Cambridge, Cambridge University Press, 1981. p. 451-497.

GOLLEY, F. B. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo:EPU: Ed. Da USP, 1978. 256 p.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G. La biomassa y la estructura mineral de algunos bosques de Darién, Panamá. **Turrialba**, San Jose, Costa Rica, v. 21, n. 2, p. 189-196, 1971.

GREEN, C.; TOBIN, B.; O`SHEA, M.; FARREL, E. P.; BYRNE, K. A. Above and belowground biomass measurements in an unthinned stand of Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong) Carr.). **Europe Journal Forest Research**. (2005).

GUEDES, B.; ARGOLA, J.; PUNÁ, N; MICHONGA, E.; MONTEIRO, J. **Estudo da biomassa florestal numa floresta aberta de miombo no distrito de Bárué, Manica**. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, 2001. Moçambique. pt. 2. Relatório das actividades de julho/2001.

HARIPRIYA, G. S. Estimates of biomass in Indian forests. **Biomass and Bioenergy**, 19: 245-258. 2000.

HEINSDIJK, D. 1958. Report to the government of Brazil on a forest inventory in the Amazon Valley. Part 3: Region between Rio Tapajós and Rio Madeira. FAO Report n° 969 & Part 4: Region between Rio Tocantins and Rios Guama and Capin, FAO Report n° 992. Expand Technical Assistance Program (FAO/58/8131), Food and Agriculture Organization, Roma, Itália.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO<sub>2</sub> – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p.125-145.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R.J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus, n. 28, p. 153-165, 1998.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; PINTO, A. C. M.; SILVA, R. M.; TRIBUZY, E. S. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. **Floresta**, 34 (3), Set/Dez 2004, 295-304, 295-304, Curitiba-PR.

HOUGHTON, R.A; SCHLESINGER, W.H.; BROW, S.; RICHARDS, J.F. Carbon dioxide exchange between atmosphere and terrestrial ecosystems. **In:** TRABALKA, JOHN, R. (Ed.), Atmospheric carbon dioxide and the global carbon cycle. U.S. Department of Energy, Washington, DC, 1985. p. 114-140. (DOE/ER-0239).

HOUGHTON, R.A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. **In:** SEMINÁRIO EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO<sub>2</sub> – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGOCIOS PARA O BRASIL, 1994. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CURD, 1994. p. 38-76.

HU, H.; LIU, Y.; JIAO, Y. Estimation of the carbon storage of forest vegetation and carbon emission from forest fires in Heilongjiang Province, China. **Journal of Forestry Research**, 18 (1): 17 – 22 (2007).

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest Mensuration**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1982. 402 p.

IBAMA. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>> Acessado em: 07 jul. 2004.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92p.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Contribution of working group II to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. McCarthy, J.J.; et al. (eds) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. 2001.

JALKANEN, A.; MÄKIPÄÄ, R.; STAHL, G.; LEHTONEN, A.; PETERSSON, H. Estimation of the biomass stock of trees in Sweden: comparison of biomass equations and age-dependent biomass expansion factors. **Annual Forest Science**. 62 (2005) 845-851.

JOHNSON W. C., SHARPE D. M. The ratio of total to merchantable forest biomass and its application to the global carbon budget. **Canadian Journal of Forest research**, Ottawa, v. 13, p. 372-383, 1983.

KAUPPI P. E.; MIELIKAINEN K. ; KUSELA K. Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990. **Science**, Washington, DC, n. 256, p. 70-74, 1992.

KETTERINGS, Q. M.; COE, R.; NOORDWIJK, M. van.; AMBAGAU, Y.; PALM, C. A. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 146, p. 199-209, 2001.

KLEIN, R. M. Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. Itajaí, 1978. 24p.

KOCH, P. Estimates by species group and region in the USA of: I. Below-group root weight as a percentage of overstory complete-tree weight; and II. **Carbon content of tree portions**. Consulting report. 23 p. 1989.

KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F. Fontes e níveis de erros nas estimativas do potencial de fixação de carbono. In: SANQUETA, C. R. *et al.* (Eds.). **As florestas e o carbono**. Curitiba, 2002. p. 251-264.

LEHTONEN, A.; MÄKIPAA, R.; HEIKKINEN, J.; SIEVÄNEN, R.; LISKI, J. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. **Forest Ecology and Management**. v.188, p. 211-224, 2004.

LINDNER, M.; KARJALAINEN, T. Carbon inventory methods and carbon mitigation potentials of forests in Europe: a short review of recent progress. **Europe Journal Forest Research**. 126: 149-156, 2007.

MACHADO, S.A.; BASSO, S. F.; BEVILACQUA JR, V. G. Teste de modelos matemáticos para o ajuste da relação hipsométrica em diferentes sítios e idades para plantações de *Pinus elliottii* no Estado do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, v 2, p.553-556, 1993.

MACHADO, S.A.; BAYLEY, R. L.; BASSO, S. F.; BEVILACQUA JR, V. G. Análise do comportamento da relação hipsométrica com respeito à idade para plantações de *Pinus elliotti* no Estado do Paraná. **Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p.5-12, 1994.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2ª ed. Curitiba, Editora Unicentro, 2006. 306p.

MARTINELLI, L.A. *et al.* Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO<sub>2</sub> – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio De Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CURD, 1994, p. 197-221.

MARTINEZ-YRIZAR; SARUKHAN, A. J.; PEREZ-JIMENEZ, A.; RINCÓN, E.; MAASS, J. M.; SOLI-MAGALLANES, A.; CERVANTES, L. Aboveground phytomass of a tropical deciduous forest on the coast of Jalisco, Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 8, p. 87-96, 1992.

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1992. 527 p.

MOUTINHO, P.; SANTILLI, M. **Submissão Internacional à UNFCC/SBSTA**. UNFCC/CP/2005/L.2. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia.

OGAWA, H. & KIRA, T. **Primary Productivity of Japanese Forests**. In: Productivity of terrestrial Communities, V. 16. Tokyo, 1977. p.15-21.

PARRESOL, B. R. Assessing tree and stand biomass: A review with examples and critical comparisons. **Forest Science**, Lawrence, v. 45, n. 4, p. i-r, 1999.

PÁSCOA, F.; MARTINS, F.; GONZÁLES, R. S.; JOAO, C. Estabelecimento simultâneo de equações de biomassa para o pinheiro bravo. SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA FORESTAL, 2., 2004, Barcelona. **Título...**Barcelona: p. i-f, 2004.

PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba, 1997. 316p. Vol. I.

PELZ, D. R. Biomass studies in European overview. In: ESTIMATING TREE BIOMASS REGRESSIONS AND THEIR ERROR. Proceedings of the work-shop on tree biomass regression functions and their contribution to the error of forest inventory estimates. USDA. **Forest Service**, 1987. p. 213-224. Gen Tech. Rep. NE-117.

PEREIRA, J. C.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. Produção de biomassa em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, M. G., v.21, n.4, p.521-526, 1997.

PHILIP, M. S. **Measuring trees and forests**. 2. ed. New York: CAB International. 1994, 336 p.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista, em São João do Triunfo – PR**. Curitiba, 1999. 172p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

REGAZZI, A. J.; LEITE, H. G. **Análise de regressão: teoria e aplicações em manejo florestal**. Viçosa, M. G. UFV/DEF/SIF, 1993. 232 p. Apostila.

RUSSO, R.O. **Mediciones de biomassa em sistemas agroforestales**. Turrialba: CATIE, 1983. 27 p.

SALATI, E. Emissão x seqüestro de CO<sub>2</sub> – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO<sub>2</sub> – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, p. 15-37, 1994.

SALOMÃO, R.P.; NEPSTAD, D.C.; VIEIRA, I.C.G. Como a biomassa de florestas tropicais influi no efeito estufa? **Ciência Hoje**, São Paulo, v.21, n. 123, p. 38-47, 1996.

SANQUETTA, C. R. et al. Ecuaciones de biomassa aérea y subterrânea em plantaciones de *Pinus taeda* em el sur del estado do Paraná, Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL MEDICIÓN Y MONITOREO DE LA CAPTURA DE CARBONO EM ECOSISTEMAS FORESTALES, VALDIVIA: CD Documentos, 2001. p.1-11.

SANQUETTA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C.R. et al. (Eds.). As florestas e o carbono. Curitiba, 2002, p. 119-140.

SANTOS, J. DOS. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira.** 121 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, M. G., 1996.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M.; GIACOMELLI SOBRINHO, V.; SCHNEIDER, P. S. P. Método de derivação do volume em biomassa e carbono: uma aplicação em *Platanus x acerifolia* (AITON ) WILD. SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL. Santa Maria – R. S., 3., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. p. i-f.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; GIACOMELLI SOBRINHO, V.; SCHNEIDER, P. S. P. **Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de acácia-negra (*acácia mearnsii* De Wild).** *Ciência Florestal*, v. 15, n. 4, 2005.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M.; BARBIERI, S. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes no corte raso de uma floresta de Araucária angustifolia (Bert.) O. Ktze. na região de Quedas do Iguaçu-PR.** Santa Maria: UFSM, 2002. (Relatório de pesquisa).

SCHÖNE, D.; SCHULTE, A. FORSTWIRTSCHAFT NACH Kyoto: Ansätze zur quantifizierung und betrieblichen Nutzung von Kohlenstoffsinken. **Forstarchiv**, Hannover, v. 70, p. 167-176, 1999.

SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração Florestal:** módulo 3: relações quantitativas, em volume, peso e a relação hipsométrica. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.

SCHROEDER, P. Carbon storage potencial of short rotation tropical tree plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.50, p.31-41, 1992.

SEDJO R. A. Temperate Forest ecosystem in the global carbon cycle. **Ambio**, Stockholm, v. 21, p. 274-277, 1992.

SEVEGNANI, L. **Dinâmica de população de *Virola bicuhyba* (Shott) Warb. (Myristicaceae) e estrutura fitossociológica de floresta pluvial atlântica, sob clima temperado úmido de verão quente, Blumenau, S.C.** São Paulo: 2003. 161 f. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de São Paulo.

SHARP D D.; LIETH H.; WHIGHAM D. Assessment of regional productivity in North Carolina. In: LIETH, H.; WHITTAKER, R. H.. (Eds.). **Primary...**New York: Springer, p. 131-146, 1975.

SCHEIDT, P. **Carbono Brasil.** Mercado de Carbono. Disponível em: <<http://www.carbono.isnet.com.br>> Acesso em 22/04/2008.

SMITH, J. E.; HEATH, L. H.; WOODBURY, P. B. How to estimate forest carbon for large areas from inventory data. **Journal of Forestry**. July/August 2004. p. 25-31.

SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; GÖRGENS, E. B. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista árvore**. Sociedade de investigações florestais. Viçosa, Brasil. Set-out/2005, vol. 29, p.711-718.

SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MÄKIPÄÄ, MUUKKONEN, P.; LEHTONEN A.; WEISS, P. Indirect methods of large forest biomass estimation. **Europe Journal Forest Research**. February (2006).

SOUZA, C. L.; PONZONI, F. J. Avaliação de índices de vegetação e de bandas TM/LANDSAT para estimativa de volume de madeira em floresta implantada de *Pinus spp.* In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos. **Anais...** Santos: INPE, 1998. 1 CD-ROM.

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

SPURR, S. H., BARNES, B. V. **Ecologia Forestal**, México, 1986. 690 p.

TANIZAKI, K. F. **Impactos do uso do solo no estoque e fluxo de carbono no domínio da Mata Atlântica**: estudo de caso no estado do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Departamento de Geografia Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2000.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRG, Departamento de Solos/Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim Técnico; 5).

TURNER, D. P., HOEPPER, G. J., HARMON, M. E., LEE, J. J. A carbon budget for forest of the conterminous United States. **Ecological Applications**, Tempe, v.5, p.421-436, 1995.

UHL, C.; BUSCHBACHER, R.; SERRÃO, E. A. S. Abandoned pastures in Eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. **Journal of Ecology**, v.76, p. 663-681, 1988.

VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield**: applications to mixed tropical forests. Wallingford: CAB International, 1994. 312 p.

VEIGA, R.A. de A. Uso de equações de volume em levantamentos florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE INVENTÁRIO FLORESTAL, 1981, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1981. p 93-102.

VELLOSO, H. P. ; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, 1990. 123p.

VIBRANS, A. C. A cobertura florestal da bacia do Rio Itajaí. Elementos para uma análise histórica. Florianópolis: 2003. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P. Quantificação da biomassa em uma floresta estacional decidual em Itaara, R.S., Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 419-425. 2006.



WANG, X, ZONGWEI, F. The history of research on biomass and carbon storage of forest ecosystems. **In:** Wang rusong (eds.), Hot Topics in Modern Ecology. Beijing: China Science and technology Press, p. 335-347. 1995.

WATZLAWICK, L. F. et al. Ecuaciones de biomassa aérea em plantaciones de *Araucária angustifolia* en el sur del estado del Paraná, Brasil. **In:** SIMPÓSIO INTERNACIONAL MEDICION Y MONITOREO DE LA CAPTURA DE CARBONO EM ECOSISTEMAS FORESTALES, VALDIVIA: CD Documentos, 2001. p.1-10.

WATZLAWICK, L. F., KIRCHNER, F. F., SANQUETTA, C. R., SCHUMACHER, M. V. O papel do sensoriamento remoto nos estudos de carbono. **In:** SANQUETTA, C. R. *et al.* (Eds.). As florestas e o carbono. Curitiba, 2002. p. 215-235.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em floresta ombrófila mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II.** 120 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R. CALDEIRA, M. V. W. Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista. Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas. **In:** SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. (Eds.). Curitiba: UFPR/Laboratório de Inventário Florestal, p. 95-109, 2004.

**ANEXOS**



## ANEXO II – LISTAGEM DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS DE 1 A 54

Nome comum	Nome Científico
Abacate	<i>Persea americana</i> Mill.
Açoita-cavalo	<i>Luehea divaricata</i> Mart. et Zucc.
Alecrim	<i>Holocallis balansea</i> Micheli
Alma-de-serra	<i>Sickingia</i> sp. Wild.
Almesca	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.
Araçá	<i>Terminalia kuhlmannii</i> Alwan & Stace
Araçá-do-mato	<i>Myrcia glabra</i> (O. Berg) D. Legrand
Araticum-cagão	<i>Annona cacans</i> Warming
Bacupari	<i>Rheedia gardneriana</i> Planch. et Triana
Baga-de-macaco	<i>Posoqueria acutifolia</i> Mart.
Baga-de-morcego	<i>Allophylus edulis</i> (St. Hil.) Radlk.
Baguaçu	<i>Talauma ovata</i> St. Hil.
Batinga	<i>Gomidesia affinis</i> (Cambess.) D. Legrand
Bicuiba	<i>Virola oleifera</i> (Schott) A. C. Smith
Botuqueiro	<i>Erythrina falcata</i> Benth.
Botuqueiro-miúdo	<i>Machaerium cf. hirtum</i> Pers.
Cafezeiro-do-mato	<i>Casearia decandra</i> Jacq.
Caixeta	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart
Camboatá-branco	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk
Camboatá-vermelho	<i>Cupania vernalis</i> Camb.
Canela-amarela	<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez
Canela-amarela-folha-comprida	<i>Ocotea aciphylla</i> Mez.
Canela-babosa	<i>Ocotea puberula</i> (Nees et Martius) Nees
Canela-bicho	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez
Canela-branca-da-lomba	<i>Cinnamomum cf. pseudoglaziovii</i> Lorea-Hern
Canela-broto	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez
Canela-burra	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J. F. Macbr
Canela-burra-da-lomba	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J. F. Macbr
Canela-cedro-folha-miúda	<i>Persea alba</i> Nees
Canela-sassafrás	<i>Ocotea odorifera</i> (Vellozo) Rohwer
Canela-garuva	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez
Canela-papagaio	<i>Cinnamomum Glaziovii</i> (Mez) Kostern
Canela-pimenta	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez
Canela-pinho	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez
Canela-sabão	<i>Persea venosa</i> Nees.
Canela-sebo	<i>Ocotea puberula</i> (Nees et Martius) Nees.
Canela-taquara	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez
Canemaçu	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> (Poepp. & Endl.) Müll. Arg.
Canjerana	<i>Cabranea canjerana</i> (Vell.) Martius.
Capororoca	<i>Myrsine laetevirens</i> (Mez) Arechav.
Capororocão	<i>Myrsine umbellata</i> Mez
Carne-de-vaca	<i>Styrax leprosus</i> Hook. Et Arn.
Caroba	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.
Carvalho-vermelho	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (De Candolle) Naudin
Carvoeiro-branco	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.
Carvoeiro-vermelho	<i>Hirtella hebeclada</i> Moric. ex. A. P. DC.
Casco-de-tatu	<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke
Catiguá	<i>Trichilia pallida</i> Sw.
Catingueiro	<i>Caesalpina microphylla</i> Mart.
Caúna	<i>Ilex microdonta</i> Reissek.
Cauninha	<i>Ilex brevicuspisk</i> Reissek
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.
Chal-chal	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hill. Et al.) Radlk
Chorão	<i>Salix humboldtiana</i> Wild

## ANEXO III – LISTAGEM DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS DE 55 A 108

Nome comum	Nome Científico
Cincho	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W. C. Burger, Lanj. & Wess. Boer
Cinzeiro	<i>Hirtella hebeclada</i> Moric. Ex A. DC.
Cocão	<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.
Congonha-miúda	<i>Ilex dumosa</i> Reissek
Congonha-do-gentio	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.
Copiúva	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.
Coqueiro-jerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman
Coração-de-bugre	<i>Maytenus dasyclados</i> Mart
Cortiça-crespa	<i>Rollinia silvatica</i> (St. Hill.) Mart.
Cortiça-lisa	<i>Annona cacans</i> Warming
Cortiça-preta	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.
Cutia	<i>Esembeckia grandiflora</i> Mart.
Dedaleiro	<i>Lafoensia pacari</i> Saint-Hilaire
Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.
Embira-sapo	<i>Lonchocarpus guillemineanus</i> (TL.) Malme
Embiruçú	<i>Erietheca candolleana</i> (K. Schum.) A. Rob.
Erva-mate	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.
Esparela	<i>Casearia decandra</i> Jacq.
Espinheira-santa	<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I. M. Johns.
Farinha-seca	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler
Figueira-branca	<i>Ficus guaranítica</i> Schodat
Figueira-folha-miúda	<i>Ficus insípida</i> Wild
Figueira-roxa	<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.) Miq.
Fumo-bravo	<i>Solanum erianthum</i> D. don
Gaioleiro	<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.
Garajuba	<i>Buchenavia kleinii</i> Eichler
Garuvão	<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kostern
Garuvinha	<i>Mollinedia schottiana</i> Ruiz & Pav.
Garuvinha-amarela	<i>Mollinedia uleana</i> Ruiz & Pav.
Garuvinha-folha-miúda	<i>Agarista niederleini</i> Ruiz & Pav.
Gramimunha	<i>Weinmania paulinifolia</i> L.
Gramimunha-miúda	<i>Weinmania discolor</i> L.
Grandiúva	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume
Grandiuva-d'anta	<i>Psychotria sessilis</i> Vell.
Guabiroba	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg.
Guamirim 1	<i>Myrceugenia miersiana</i> (Glaudner) D. Legrand
Guamirim 2	<i>Myrceugenia cucullata</i> D. Legrand
Guamirim 3	<i>Myrcia bombycina</i> (O. Berg.) Nied.
Guamirim 4	<i>Myrcia glabra</i> (O. Berg.) D. Legrand
Guamirim 5	<i>Myrceugenia oxisejala</i> (Burret) D. Legrand
Guamirim 6	<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman
Guamirim 7	<i>Calyptanthus concinna</i> DC.
Guamirim-amarelo	<i>Eugenia florida</i> DC.
Guamirim-branco	<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.
Guamirim-branco-folha-miúda	<i>Neomitranthes glomerata</i> D. Legrand
Guamirim-chorão	<i>Myrcia glabra</i> D. Legrand
Guamirim-d'água 1	<i>Myrcia anacardiaeifolia</i> Gardn.
Guamirim-d'água 2	<i>Marlieria</i> sp. Cambess.
Guamirim-d'água-folha-miúda	<i>Myrcia rostrata</i> DC.
Guamirim-ferro	<i>Gomidesia tijucensis</i> O. Berg
Guamirim-ferro-amarelo	<i>Eugenia glazioviana</i> Kiaersk 3
Guamirim-ferro-vermelho	<i>Myrciaria</i> sp. O. Berg
Guamirim-folha-miúda	<i>Myrceugenia euosma</i> (O. Berg) D. Legrand
Guamirim-pimenta	<i>Eugenia sonderiana</i> O. Berg

## ANEXO IV – LISTAGEM DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS DE 109 A 161

Nome comum	Nome Científico
Guamirim-pitanga	<i>Eugenia neoverrucosa</i> Sobral
Guamirim-rola	<i>Myrcia crassifolia</i> (Miq.) Kiaersk.
Guamirim-rola-folha-larga	<i>Myrcia silvatica</i> (Berg) Kiaersk.
Guamirim-roxo	<i>Myrcia obtecta</i> (O. Berg.) Kiaersk.
Guamirim-vermelho	<i>Myrcia glabra</i> (O. Berg) D. Legrand
Guamirim-xaxim	<i>Mouriri chamissoana</i> Cogn.
Guarapirim	<i>Vantanea compacta</i> (Schnizl.) Cuatrec.
Guarapirim-miúdo	<i>Ouratea vaccinioides</i> (A. St.-Hill.&Tull.) Engl.
Guaraperê	<i>Lamanonia speciosa</i> (Cambessedes) L. B. Smith
Guarapuvu	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vellozo) Blake
Imbuia	<i>Ocotea porosa</i> (Nees ex Martius) Liberato Barroso
Ingá-banana	<i>Ingá uruguensis</i> Hook. & Arn.
Ingá-feijão	<i>Inga marginata</i> Wild.
Ingá-ferro	<i>Inga sessilis</i> (Vellozo) Martius
Ingá-macaco	<i>Inga sessilis</i> (Vellozo) Martius
Ipê-roxo	<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vellozo) Toledo
Jacatirão	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud.
Jasmim-grado	<i>Rauvolfia sellowii</i> M. Arg.
Laranjeira-do-mato	<i>Metrodorea stipularis</i> Mart.
Leiteiro	<i>Peschiera fuchsiaefolia</i> Miers.
Licurana	<i>Hieronima alchorneoides</i> Fr. All.
Limoeiro-do-mato	<i>Metrodorea stipularis</i> Mart.
Louro	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.
Louro-cravo	<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum
Macuqueiro	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer
Mamica-de-cadela	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.
Manacá-da-serra	<i>Tibouchina mutabilis</i> Cong.
Mandioqueiro	<i>Didymopanax morototonii</i> (Aubl.) Dcne. et Planch.
Maria-faceira	<i>Guapira opposita</i> Vell.
Maria-mole	<i>Dendropanax cuneatum</i> (DC.) Dcne. et Planch.
Marmeleiro	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel
Mata-olho	<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I. M. Johns.
Mata-pau	<i>Coussapoa microcarpa</i> (Schott) Rizzini
Mata-pau	<i>Spirotheca passifloroides</i> Cuatrec.
Orelha-de-onça	<i>Zollernia latifolia</i> (Brongn.) Vog.
Palmito	<i>Euterpe edulis</i> Mart.
Pata-de-vaca	<i>Bauhinia forficata</i> Link
Pau-angelim	<i>Ormosia arborea</i> Jacks.
Pau-canzil	<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth
Pau-de-cangalha	<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & J. W. Grimes
Pau-gafanhoto	<i>Cestrum intermedium</i> Sendtn.
Pau-gambá	<i>Pithecellobium langsdorffii</i> Benth.
Pau-manteiga	<i>Byrsonima ligustrifolia</i> A. Juss.
Pau-oléo	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.
Pau-ripa	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms
Pau-rosa	<i>Aniba roseodora</i> Ducke
Pela-cavalo	<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax
Peroba	<i>Aspidosperma polyneuron</i> M. Arg.
Pêssego-bravo	<i>Prunus sellowii</i> Koehne
Pimenteira	<i>Capsicodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni
Pindaubuna	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees et Mart.
Pindaíba	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.
Pinheiro-bravo	<i>Podocarpus lambertii</i> Klotz.

## ANEXO V – LISTAGEM DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS DE 162 A 191

Nome comum	Nome Científico
Pinho-do-campo	<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrader) Kobuski
Piquiá	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.
Pixirica	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aublet) Decaisne et Planchon
Pixirica-folha-escura	<i>Miconia pusilliflora</i> Triana
Pixiricão	<i>Miconia cabucu</i> Hoehne
Pixirica-roxa	<i>Miconia willdenowii</i> Klotzsch
Pixiriquinha	<i>Miconia albicans</i> Triana
Sacopema	<i>Sloanea monosperma</i> Vell.
Sangueiro	<i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel
Sassafrás	<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer
Seca-ligeiro	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.
Tanheiro	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.
Tanheiro-folha-caída	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) M. Arg.
Tarumã	<i>Vitex montevidensis</i> Cham.
Tucaneiro	<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.
Urtigão	<i>Urera baccifera</i> Gaudich.
Uva-do-mato	<i>Cissus rhombifolia</i> Vahl
Vassourão	<i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hooker & Arnott) Hassler
Vassourão-branco	<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén
Vassourão-branco-folha-larga	<i>Piptocarpha</i> sp. Dusén
Vassourão-d'água	<i>Vernonia</i> sp. Dusén
Vassourão-ferro	<i>Eupatorium laevigatum</i> Lam.
Vassourão-folha-miúda	<i>Piptocarpha regnelii</i> Dc.
Vassourão-folha-vermelha	<i>Vernonia petiolaris</i> Dc.
Vassourão-orelha-de-mula	<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less
Vassourão-preto	<i>Vernonia</i> sp. (Spreng.) Less
Vassourão-preto-folha-miúda	<i>Vernonia quinqueflora</i> Less.
Xaxim	<i>Alsophila setosa</i> Kaulf.
Xaxim-bugio	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.
Xaxim-liso	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.

## ANEXO VI – FORMULÁRIO DE BIOMASSA FLORESTAL E CUBAGEM

<b>Nº Unidade Amostral:</b>	<b>Árvore nº:</b>	<b>Data:</b>
<b>Responsável:</b>	<b>Espécie:</b>	
<b>CAP:</b>	<b>Altura total:</b>	<b>Altura ponto de inversão:</b>
<b>Hora Início:</b>	<b>Hora Término:</b>	<b>Ficha nº:</b>

## CUBAGEM

	Altura Relativa em %												
	0	1	5	10	15	25	35	45	55	65	75	85	95
<b>ALT (m)</b>													
<b>CAP (cm)</b>													
<b>Casca (mm)</b>													

## BIOMASSA ARBÓREA

COMPONENTE	(Kg)	
<b>Fuste com casca</b>		<b>% Casca</b>
<b>Galhos mortos</b>		
<b>Galhos vivos e folhas</b>		<b>% Folhas</b>
<b>Galhos Vivos</b>		
<b>Miscelânea</b>		

## AMOSTRAS (FUSTE + CASCA)

POSIÇÃO	MADEIRA (g)	CASCA (g)
<b>Inferior</b>		
<b>Superior</b>		

## AMOSTRAS (GALHOS VIVOS E FOLHAS)

AMOSTRAS PARA LABORATÓRIO	
Galhos (g)	Folhas (g)

## AMOSTRAS (OUTRAS)

COMPONENTE	(g)
<b>Galhos mortos</b>	
<b>Miscelânea</b>	

## BIOMASSA SUB-BOSQUE

UNIDADE AMOSTRAL	PESO TOTAL (Kg)	PESO AMOSTRA (g)
<b>Inferior esquerdo</b>		
<b>Centro</b>		
<b>Superior direito</b>		

01 - MARCAR E MEDIR CAP BASE + CAP 1,3  
COMERCIAL03 - MARCAR E MEDIR CUBAGEM  
DENSIDADE05 - CORTAR DISCOS DENSIDADE (7 + 2 GALHOS)  
07 - PESAR FUSTE

09 - PESAR FOLHAS + GALHOS VIVOS FINOS

11 - PESAR MISCELÂNEA

12 - AMOSTRAS BIOMASSA : 2 DISCOS FUSTE ; GALHOS VIVOS ; GALHOS VIVOS FINOS  
+ FOLHAS ; GALHOS MORTOS ; MISCELÂNEA

02 - MEDIR ALTURA TOTAL E

04 - MARCAR POSIÇÃO DISCOS

06 - CORTAR DISCOS CARBONO (2)

08 - PESAR GALHOS VIVOS

10 - PESAR GALHOS MORTOS



ANEXO VII – DENSIDADES BÁSICAS, FATORES DE EXPANSÃO E TEORES MÉDIOS DE CARBONO POR ESPÉCIE

espécie	densidade(g/cm <sup>3</sup> )	*FEBESP (1)	**FEBESP (2)	Teor médio de carbono (gr/kg)
alma-da-serra	0,5412	3,76	2,59	438,99
baga-de-macaco	0,6049	1,76	1,35	372,03
cafezeiro-do-mato	0,7224	3,56	2,56	408,11
caixeta	0,5391	1,6	1,72	402,9
camboatá-branco	0,7114	2,2	1,23	392,11
camboatá-vermelho	0,8032	2,34	1,31	372,77
canela-amarela	0,5068	2,21	1,97	363,59
canela-bicho	0,6028	1,68	1,25	390,63
canela-burra	0,5928	1,66	1,33	382,44
canela-burra-da-lomba	0,643	2,38	1,64	388,89
canela-fogo	0,5271	2,06	1,31	357,56
canela-papagaio	0,5189	1,69	1,67	386,41
canela-pimenta	0,6323	2,27	1,51	418,16
canela-pinho	0,6	1,67	1,3	360,62
canela-sebo	0,4783	1,37	1,34	404,51
canela-taquara	0,5844	1,89	1,44	380,58
canemaçu	0,3872	2,71	3,03	375,74
canjerana	0,4137	2,97	3,2	413,32
caporoca	0,5167	2,6	2,63	423,36
caporocão	0,6604	1,7	1,32	430,06
carne-de-vaca	0,3891	1,85	3,37	369,06
carvoeiro-branco	0,5271	2,61	2,7	361,61
carvoeiro-vermelho	0,5271	2,07	2,22	351,19
caúna	0,5401	1,99	1,76	394,35
cedro	0,5565	2,72	1,72	429,07
coração-de-bugre	0,6607	2,16	1,75	374,26
cortiça-crespa	0,303	2,52	3,34	400,85
cortiça-preta	0,5271	3,29	2	412,58
cutia	0,5271	1,74	1,27	389,14
embiruçu	0,2276	1,25	2,63	412,2
esparela	0,6147	2,48	1,24	394,72
gaioleiro	0,265	1,42	3,53	403,27
guaruvão	0,3739	1,51	1,7	398,07
garuvinha	0,5271	1,94	2,2	407,74
grandiúva	0,3498	1,19	2,19	409,23
grandiúva-d'anta	0,4271	1,84	3,02	369,05
guabiroba	0,5993	1,87	1,68	377,23
guamirim	0,5085	1,56	1,58	410,72
guamirim-amarelo	0,5085	1,77	2,15	439,73
guamirim-branco	0,6708	2,42	2,05	409,97
guamirim-d'água	0,6113	1,64	1,41	418,9
guamirim-folha-miúda	0,6235	1,42	1,12	391,37
guamirim-pimenta	0,5583	1,39	1,36	389,88
Guamirim-rola	0,4649	1,82	1,82	367,56
Guamirim-vermelho	0,6831	2,45	2,15	375,75
ingá-macaco	0,3619	1,31	2,84	387,65
jacatirão	0,535	2,41	2,53	408,48

continua

ANEXO VII – DENSIDADES BÁSICAS, FATORES DE EXPANSÃO E TEORES MÉDIOS DE CARBONO POR ESPÉCIE - continuação

especie	densidade(g/cm <sup>3</sup> )	*FEBESP (1)	**FEBESP (2)	Teor médio de carbono (gr/kg)
laranjeira-do-mato	0,6521	3,03	2,02	340,78
licurana	0,5931	2,14	1,89	387,65
louro-cravo	0,8154	2,08	0,98	368,31
macaqueiro	0,5577	3,32	3,01	374,01
mandioqueiro	0,6679	1,99	1,33	374,26
maria-faceira	0,2991	1,81	3,69	405,51
maria-mole	0,5271	1,7	2,77	426,71
palmito	0,23	1,45	4,83	408,9
pau-angelim	0,5761	1,85	1,93	407,24
pau-óleo	0,5271	1,52	1,16	415,68
pau-rosa	0,6044	1,84	1,36	405,51
pela-cavalo	0,2719	1,37	2,12	371,28
peroba	0,6416	1,56	0,79	388,39
pessego-bravo	0,3831	1,54	1,41	400,3
pixirica	0,5723	1,78	1,85	398,81
pixiricão	0,64	1,9	1,66	360,86
sassafrás	0,5966	2,22	1,96	414,68
seca-ligeiro	0,5752	2,42	1,66	372,02
tanheiro	0,2328	1,5	3,09	389,89
Tanheiro-folha-caída	0,3028	2,19	3,47	346,48
vassourão-branco	0,383	2,08	2,85	382,47
vassourão-d'água	0,407	1,87	2,2	397,31
vassourão-ferro	0,504	1,52	1,35	408,48
vassourão-folha-miúda	0,583	2,3	1,97	409,23
vassourão-folha-vermelha	0,5271	2,16	1,87	359,62
vassourão-orelha-de-mula	0,5271	1,87	2,74	409,48
xaxim	0,13	1,34	5,07	406,25
xaxim-bugiu	0,13	1,3	5,07	408,64
xaxim-liso	0,13	1,26	5,07	413,44
<b>média</b>	<b>0,5085</b>	<b>1,99</b>	<b>2,16</b>	<b>393,01</b>
<b>mínimo</b>	<b>0,13</b>	<b>1,19</b>	<b>0,79</b>	<b>340,77</b>
<b>máximo</b>	<b>0,81</b>	<b>3,75</b>	<b>5,07</b>	<b>439,73</b>
<b>desvio padrão</b>	<b>0,1489</b>	<b>0,55</b>	<b>0,96</b>	<b>22,06</b>

\* calculado pela equação:  $FEB = \frac{m_1}{m_2}$

onde:  $m_1$ : biomassa total (kg);

$m_2$ : biomassa do fuste (kg).

\*\* calculado pela equação:  $BAS(t.) = V.D.FEB \Rightarrow FEB = \frac{BAS}{V.D}$

onde: FEB = fator de expansão de biomassa;

BAS = biomassa acima do solo (kg);

V = volume (m<sup>3</sup>);

D = densidade média da madeira (g/cm<sup>3</sup>).

## ANEXO VIII – FATORES DE EXPANSÃO POR CLASSES DE DAP

<b>classe</b>	<b>FEB</b>
1	4,45
2	2,77
3	2,42
4	1,92
5	2,08
6	1,53
7	1,83
8	2,41
9	3,19
10	2,14

ANEXO IX – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (1 A 4) E POR CLASSES DE DIÂMETRO

		Classe										
Am	Dados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
1	NA	415	356	89	70	44	41	48	11	19	30	1122
	DAPM	10,50	12,21	17,18	20,94	24,80	28,71	32,52	35,76	39,41	56,78	278,79
	VCM	0,044	0,063	0,135	0,211	0,308	0,428	0,565	0,699	0,868	2,109	5,430
	SBE	15,72	19,20	10,54	13,28	12,51	16,29	25,96	7,54	15,92	70,19	207,15
	SBFM	6,20	13,69	12,99	16,80	16,93	22,22	32,98	8,79	16,21	54,91	201,71
	SBFE	12,56	17,93	12,11	14,94	14,30	16,98	27,91	7,40	13,97	55,02	193,13
	SBFC	12,71	17,48	14,48	14,87	16,22	15,67	27,81	9,76	23,83	54,15	206,97
	SCE	6,40	7,88	4,37	5,57	5,20	6,79	10,77	3,16	6,66	29,72	86,51
	SCFM	2,52	5,64	5,35	7,03	7,01	9,22	13,64	3,66	6,73	23,05	83,86
	SCFE	5,12	7,39	5,02	6,29	5,98	7,12	11,63	3,11	5,86	23,27	80,80
SCFC	5,20	7,23	6,00	6,24	6,75	6,53	11,55	4,09	9,94	22,83	86,38	
2	NA	130	344	185	111	67	59	15	7	4	7	930
	DAPM	10,38	12,73	16,91	20,96	24,53	28,87	31,67	37,24	41,70	59,05	284,03
	VCM	0,043	0,069	0,130	0,211	0,301	0,433	0,533	0,765	0,984	2,286	5,756
	SBE	4,78	20,50	21,16	21,02	18,29	24,00	7,49	5,55	3,66	19,08	145,52
	SBFM	3,87	23,98	26,45	27,70	21,74	30,67	8,27	6,38	4,62	20,89	174,58
	SBFE	4,74	23,55	26,30	25,80	19,18	21,26	8,86	6,38	3,07	17,97	157,11
	SBFC	7,94	30,61	29,49	24,51	20,84	21,62	6,98	7,09	6,80	20,60	176,48
	SCE	1,98	8,59	8,89	8,96	7,68	9,98	3,11	2,34	1,50	8,11	61,14
	SCFM	1,61	10,05	11,07	11,77	9,08	12,70	3,43	2,68	1,89	8,86	73,14
	SCFE	1,97	9,88	11,06	11,01	8,08	8,82	3,67	2,69	1,26	7,63	66,07
SCFC	3,32	12,89	12,40	10,46	8,75	8,99	2,91	2,99	2,79	8,78	74,28	
3	NA	374	496	133	96	56	41	41	26	15	19	1296
	DAPM	10,46	12,49	16,72	20,67	24,62	29,14	32,55	37,33	40,66	49,08	273,73
	VCM	0,044	0,066	0,127	0,204	0,303	0,443	0,567	0,770	0,931	1,446	4,901
	SBE	14,05	28,35	14,84	17,58	15,37	16,90	22,02	19,55	13,76	28,15	190,59
	SBFM	5,29	17,20	13,99	20,47	12,40	17,99	21,66	15,22	12,94	16,90	154,06
	SBFE	10,97	25,25	15,23	19,82	15,63	16,93	20,52	18,40	12,41	21,04	176,21
	SBFC	10,84	21,95	15,60	18,11	11,89	12,69	18,27	16,90	19,03	16,67	161,94
	SCE	5,71	11,65	6,14	7,33	6,35	7,02	9,23	8,08	5,74	11,64	78,89
	SCFM	2,14	7,11	5,79	8,50	5,13	7,47	9,04	6,29	5,39	7,02	63,89
	SCFE	4,46	10,41	6,32	8,27	6,47	7,06	8,62	7,63	5,18	8,73	73,14
SCFC	4,42	9,12	6,48	7,56	4,94	5,29	7,66	7,02	7,96	6,96	67,41	
4	NA	326	504	133	63	37	15	22	4	11	11	1126
	DAPM	10,44	12,48	16,66	20,69	24,70	28,25	33,16	35,65	41,38	62,81	286,22
	VCM	0,044	0,066	0,126	0,205	0,305	0,412	0,591	0,694	0,969	2,576	5,989
	SBE	12,19	28,65	14,72	11,56	10,33	5,68	12,56	2,49	10,79	32,60	141,58
	SBFM	5,34	16,61	14,66	11,24	11,51	7,55	14,61	2,14	9,32	28,34	121,30
	SBFE	10,19	25,58	15,72	13,34	12,26	7,83	14,26	2,81	10,05	30,73	142,77
	SBFC	10,94	21,21	16,35	9,95	11,03	5,32	12,32	2,37	13,70	27,95	131,13
	SCE	4,97	11,78	6,18	4,87	4,34	2,43	5,27	1,06	4,56	13,68	59,14
	SCFM	2,18	6,87	6,16	4,72	4,82	3,22	6,10	0,90	3,91	11,84	50,71
	SCFE	4,16	10,55	6,62	5,62	5,16	3,36	5,98	1,19	4,24	12,89	59,78
SCFC	4,49	8,81	6,90	4,20	4,64	2,28	5,16	1,01	5,77	11,73	54,99	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

**ANEXO X – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (5 A 8) E POR CLASSES DE DIÂMETRO**

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	NA	196	400	130	63	44	26	19	22	19	26	944
	DAPM	10,49	12,69	16,58	20,65	24,78	28,47	33,36	36,76	40,62	63,53	287,92
	VCM	0,044	0,069	0,125	0,204	0,307	0,420	0,599	0,744	0,929	3,105	6,546
	SBE	7,43	23,64	14,14	11,47	12,48	10,15	10,62	16,16	17,17	99,10	222,35
	SBFM	4,45	23,87	14,23	12,80	15,09	13,65	13,10	18,58	21,51	65,95	203,23
	SBFE	6,81	27,94	15,83	13,99	13,04	10,53	11,66	13,11	15,72	73,29	201,90
	SBFC	9,12	30,47	15,87	11,32	14,46	9,62	11,05	20,64	31,62	65,04	219,21
	SCE	3,05	9,83	5,91	4,84	5,23	4,27	4,52	6,84	7,24	42,18	93,91
	SCFM	1,83	9,96	5,96	5,37	6,31	5,71	5,55	7,83	9,05	27,92	85,50
	SCFE	2,80	11,65	6,63	5,90	5,47	4,44	4,95	5,54	6,56	31,17	85,11
SCFC	3,78	12,77	6,68	4,78	6,07	4,04	4,71	8,74	13,37	27,67	92,59	
6	NA	474	689	115	70	56	41	22	22	30	30	1548
	DAPM	10,52	12,17	17,01	21,16	24,57	29,31	32,04	37,83	41,14	48,26	274,02
	VCM	0,045	0,062	0,132	0,216	0,302	0,448	0,547	0,793	0,956	1,379	4,880
	SBE	18,03	36,95	13,34	13,59	15,31	17,10	11,55	17,31	28,33	42,63	214,15
	SBFM	7,33	19,45	14,20	13,60	20,08	20,31	14,28	18,66	32,02	37,04	196,96
	SBFE	14,41	31,66	15,32	14,78	17,48	20,21	13,78	17,84	27,90	36,69	210,07
	SBFC	15,03	24,83	15,84	12,03	19,25	14,32	12,04	20,72	47,07	36,52	217,65
	SCE	7,35	15,12	5,57	5,69	6,50	7,20	4,89	7,24	11,78	17,91	89,26
	SCFM	3,00	8,00	5,94	5,68	8,49	8,52	6,02	7,77	13,25	15,48	82,16
	SCFE	5,88	12,99	6,42	6,20	7,42	8,52	5,83	7,50	11,61	15,41	87,79
SCFC	6,17	10,26	6,65	5,05	8,18	6,03	5,10	8,67	19,56	15,34	91,03	
7	NA	159	333	122	63	33	33	52	22	4	11	833
	DAPM	10,44	12,54	17,01	20,63	24,86	28,65	33,47	37,03	39,79	51,88	276,30
	VCM	0,044	0,067	0,132	0,204	0,310	0,426	0,603	0,757	0,887	1,652	5,080
	SBE	5,96	19,16	14,13	11,48	9,44	13,24	29,96	16,45	3,26	19,67	142,74
	SBFM	3,68	19,81	19,14	16,05	11,44	15,84	38,57	19,97	4,16	20,76	169,42
	SBFE	5,20	20,34	15,86	12,46	9,49	11,81	27,76	15,14	2,76	18,46	139,27
	SBFC	7,56	25,28	21,35	14,20	10,97	11,17	32,53	22,18	6,12	20,47	171,82
	SCE	2,43	7,99	5,94	4,78	4,00	5,50	12,55	6,92	1,34	8,24	59,70
	SCFM	1,51	8,29	8,03	6,63	4,83	6,54	16,10	8,37	1,70	8,65	70,65
	SCFE	2,13	8,51	6,67	5,19	4,02	4,91	11,61	6,37	1,13	7,75	58,29
SCFC	3,11	10,63	8,99	5,90	4,65	4,63	13,64	9,34	2,51	8,57	71,98	
8	NA	252	456	163	107	78	30	22	26	7	22	1163
	DAPM	10,49	12,56	16,96	21,15	24,80	28,73	32,73	36,47	39,95	58,36	282,20
	VCM	0,044	0,067	0,131	0,216	0,308	0,429	0,575	0,731	0,895	2,271	5,667
	SBE	9,53	26,30	18,77	20,75	21,87	11,86	12,20	18,48	6,59	57,25	203,60
	SBFM	4,23	15,47	18,52	21,03	23,96	11,43	14,97	20,74	6,43	38,21	174,98
	SBFE	8,16	26,21	21,82	23,59	22,93	11,93	11,03	18,89	6,50	49,08	200,14
	SBFC	8,67	19,75	20,65	18,60	22,97	8,06	12,63	23,04	9,45	37,68	181,49
	SCE	3,90	10,85	7,90	8,71	9,17	4,93	5,14	7,70	2,75	24,75	85,82
	SCFM	1,73	6,40	7,77	8,77	10,02	4,73	6,31	8,60	2,68	16,45	73,46
	SCFE	3,35	10,82	9,17	9,89	9,61	4,95	4,65	7,92	2,71	21,27	84,35
SCFC	3,57	8,21	8,71	7,80	9,65	3,35	5,34	9,60	3,96	16,29	76,48	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

ANEXO XI – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (9 A 12) E POR CLASSES DE DIÂMETRO

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
9	NA	93	493	137	96	56	22	30	22	7	7	963
	DAPM	10,44	12,73	16,85	20,96	24,47	28,91	32,83	36,45	41,86	49,66	275,15
	VCM	0,044	0,069	0,129	0,211	0,299	0,435	0,577	0,730	0,994	1,458	4,947
	SBE	3,46	29,34	15,54	18,21	15,13	9,04	16,33	15,82	7,39	11,31	141,58
	SBFM	2,70	24,20	18,76	22,71	20,44	8,83	20,32	14,71	5,87	8,38	146,92
	SBFE	3,61	29,30	17,79	20,88	16,98	9,02	18,00	16,55	6,70	9,69	148,53
	SBFC	5,54	30,89	20,92	20,09	19,59	6,22	17,14	16,33	8,63	8,27	153,63
	SCE	1,42	12,10	6,50	7,63	6,38	3,83	6,85	6,67	3,14	4,81	59,34
	SCFM	1,11	10,02	7,81	9,47	8,60	3,72	8,51	6,18	2,48	3,54	61,42
	SCFE	1,48	12,13	7,44	8,75	7,16	3,82	7,53	6,95	2,85	4,11	62,22
SCFC	2,28	12,84	8,75	8,42	8,28	2,63	7,21	6,89	3,66	3,51	64,47	
10	NA	159	370	156	100	59	26	30	11	19	19	948
	DAPM	10,47	12,61	16,92	20,75	25,23	28,10	32,75	35,97	40,62	53,41	276,82
	VCM	0,044	0,068	0,130	0,206	0,320	0,408	0,575	0,709	0,929	1,807	5,196
	SBE	5,99	21,58	17,80	18,44	17,38	9,86	16,26	7,66	17,16	36,57	168,70
	SBFM	3,35	14,41	15,59	15,09	14,86	10,54	14,87	7,09	15,71	24,14	135,66
	SBFE	5,16	21,97	20,78	19,57	18,42	11,16	17,25	7,49	21,93	33,16	176,90
	SBFC	6,87	18,40	17,38	13,35	14,24	7,43	12,54	7,88	23,09	23,81	144,99
	SCE	2,50	8,96	7,42	7,80	7,27	4,15	6,85	3,30	7,24	15,85	71,36
	SCFM	1,40	5,98	6,47	6,35	6,18	4,44	6,23	3,03	6,58	10,44	57,10
	SCFE	2,15	9,13	8,65	8,26	7,67	4,72	7,24	3,24	9,23	14,42	74,71
SCFC	2,89	7,67	7,25	5,64	5,95	3,14	5,28	3,39	9,71	10,34	61,27	
11	NA	144	419	211	144	74	37	15	22	30	15	1111
	DAPM	10,50	12,72	16,95	20,79	24,61	27,98	32,15	36,92	40,58	45,76	268,96
	VCM	0,044	0,069	0,131	0,207	0,303	0,404	0,551	0,752	0,928	1,213	4,601
	SBE	5,48	24,84	24,25	26,74	20,46	13,89	7,77	16,34	27,42	18,43	185,62
	SBFM	4,51	21,94	30,39	34,44	24,19	18,12	9,61	18,84	27,58	15,45	205,08
	SBFE	5,97	25,01	27,93	29,57	20,46	11,88	7,23	14,54	24,02	13,04	179,65
	SBFC	9,25	28,01	33,89	30,48	23,19	12,77	8,10	20,92	40,55	15,23	222,41
	SCE	2,26	10,27	10,13	11,21	8,57	5,75	3,31	6,80	11,48	7,79	77,56
	SCFM	1,86	9,09	12,65	14,38	10,09	7,46	4,09	7,81	11,48	6,47	85,38
	SCFE	2,47	10,36	11,66	12,39	8,57	4,91	3,08	6,07	10,06	5,52	75,07
SCFC	3,83	11,66	14,17	12,78	9,72	5,29	3,46	8,71	16,95	6,41	92,98	
12	NA	81	356	167	70	26	15	4	0	0	0	719
	DAPM	10,48	12,67	16,74	20,96	24,92	28,49	32,47	0,00	0,00	0,00	146,72
	VCM	0,044	0,068	0,127	0,211	0,311	0,421	0,563	0,000	0,000	0,000	1,746
	SBE	3,07	20,92	18,61	13,30	7,37	5,81	1,99	0,00	0,00	0,00	71,07
	SBFM	3,56	28,37	25,29	18,59	10,81	7,79	2,91	0,00	0,00	0,00	97,32
	SBFE	3,80	26,27	23,29	14,96	8,70	5,76	2,20	0,00	0,00	0,00	84,98
	SBFC	7,30	36,21	28,21	16,45	10,36	5,49	2,45	0,00	0,00	0,00	106,48
	SCE	1,30	8,86	7,83	5,58	3,05	2,42	0,81	0,00	0,00	0,00	29,84
	SCFM	1,50	11,96	10,59	7,75	4,45	3,23	1,18	0,00	0,00	0,00	40,66
	SCFE	1,61	11,14	9,80	6,28	3,60	2,40	0,90	0,00	0,00	0,00	35,73
SCFC	3,09	15,34	11,87	6,89	4,28	2,29	1,00	0,00	0,00	0,00	44,76	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

ANEXO XII – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (13 A 16) E POR CLASSES DE DIÂMETRO

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
13	NA	85	222	67	26	4	0	0	0	0	0	404
	DAPM	10,59	12,71	17,14	20,96	24,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,23
	VCM	0,045	0,069	0,134	0,211	0,308	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,768
	SBE	3,29	13,18	7,85	4,90	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,27
	SBFM	4,43	17,81	9,77	6,14	1,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,45
	SBFE	4,44	18,06	11,09	7,20	1,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,44
	SBFC	9,08	22,74	10,89	5,43	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,40
	SCE	1,40	5,58	3,36	2,11	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,90
	SCFM	1,89	7,52	4,17	2,63	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,76
	SCFE	1,90	7,66	4,76	3,10	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,13
SCFC	3,88	9,64	4,67	2,34	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,07	
14	NA	122	463	211	111	52	52	30	15	4	11	1070
	DAPM	10,49	12,75	16,69	20,26	24,94	28,69	32,15	35,97	39,47	47,22	268,63
	VCM	0,044	0,069	0,126	0,196	0,312	0,428	0,551	0,709	0,871	1,302	4,608
	SBE	4,63	27,69	23,40	19,37	14,79	20,70	15,55	10,21	3,20	14,95	154,48
	SBFM	4,78	30,00	29,31	24,96	18,18	22,62	17,08	10,16	3,63	15,93	176,66
	SBFE	5,34	31,47	27,81	23,30	14,62	21,95	15,24	10,73	3,63	13,65	167,74
	SBFC	9,81	38,30	32,69	22,09	17,43	15,95	14,40	11,28	5,34	15,71	182,99
	SCE	1,92	11,58	9,86	8,14	6,19	8,70	6,40	4,33	1,35	6,20	64,68
	SCFM	1,99	12,55	12,30	10,44	7,55	9,43	6,98	4,28	1,53	6,52	73,57
	SCFE	2,22	13,20	11,73	9,80	6,11	9,21	6,27	4,54	1,53	5,64	70,27
SCFC	4,10	16,09	13,78	9,28	7,27	6,68	5,91	4,77	2,25	6,46	76,61	
15	NA	181	396	152	122	137	81	44	15	0	7	1137
	DAPM	10,52	12,58	16,99	20,99	25,13	29,21	32,95	36,13	0,00	84,19	268,68
	VCM	0,045	0,067	0,132	0,212	0,318	0,445	0,582	0,715	0,000	5,032	7,548
	SBE	6,90	22,95	17,55	23,17	39,83	33,98	24,73	10,31	0,00	47,03	226,46
	SBFM	3,47	14,92	15,68	21,38	33,68	31,89	21,07	10,02	0,00	36,75	188,86
	SBFE	6,31	22,15	19,62	23,20	39,31	33,84	26,09	11,26	0,00	47,60	229,37
	SBFC	7,11	19,04	17,49	18,92	32,28	22,49	17,77	11,13	0,00	36,24	182,47
	SCE	2,85	9,55	7,40	9,78	16,87	14,45	10,54	4,42	0,00	19,46	95,33
	SCFM	1,44	6,21	6,58	8,95	14,18	13,50	8,93	4,30	0,00	15,07	79,15
	SCFE	2,62	9,22	8,26	9,78	16,63	14,42	11,14	4,85	0,00	19,62	96,53
SCFC	2,97	7,96	7,37	7,96	13,65	9,56	7,57	4,79	0,00	14,93	76,76	
16	NA	226	367	130	48	41	37	11	11	7	7	885
	DAPM	10,49	12,46	16,99	20,74	25,03	29,19	32,26	37,24	39,95	44,72	269,06
	VCM	0,044	0,066	0,132	0,206	0,315	0,444	0,555	0,766	0,895	1,151	4,574
	SBE	8,54	20,80	14,99	8,87	11,72	15,41	5,87	8,34	6,59	8,69	109,81
	SBFM	6,87	18,92	17,02	10,48	14,99	18,15	7,44	9,41	6,32	9,47	119,06
	SBFE	8,80	23,76	16,61	10,11	13,96	16,75	6,45	7,33	7,37	8,03	119,18
	SBFC	14,08	24,16	18,98	9,27	14,37	12,80	6,27	10,45	9,30	9,34	129,01
	SCE	3,54	8,67	6,32	3,71	4,94	6,46	2,45	3,51	2,76	3,72	46,08
	SCFM	2,86	7,90	7,16	4,37	6,29	7,56	3,09	3,95	2,64	4,06	49,86
	SCFE	3,66	9,92	7,02	4,22	5,87	7,05	2,68	3,08	3,09	3,43	50,04
SCFC	5,88	10,13	8,02	3,88	6,06	5,35	2,62	4,40	3,90	4,02	54,26	

NA=n° de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

ANEXO XIII – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (17 A 20) E POR CLASSES DE DIÂMETRO

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
17	NA	193	419	156	96	59	78	41	22	7	15	1085
	DAPM	10,46	12,82	16,64	20,86	25,13	28,50	33,19	38,14	40,58	53,08	279,40
	VCM	0,044	0,070	0,125	0,209	0,317	0,421	0,592	0,808	0,927	1,728	5,242
	SBE	7,23	25,37	17,09	18,03	17,22	30,54	23,10	17,66	6,84	27,52	190,61
	SBFM	5,78	19,24	15,66	18,80	19,86	29,99	28,48	19,64	8,89	25,99	192,33
	SBFE	7,24	26,35	18,46	22,91	20,59	35,74	20,74	21,59	6,51	31,29	211,42
	SBFC	11,86	24,56	17,47	16,64	19,03	21,14	24,02	21,81	13,07	25,63	195,23
	SCE	2,99	10,54	7,20	7,52	7,21	12,71	9,83	7,54	2,90	11,87	80,31
	SCFM	2,39	8,00	6,57	7,80	8,30	12,42	12,10	8,34	3,75	11,13	80,78
	SCFE	3,00	10,96	7,76	9,54	8,62	14,88	8,84	9,21	2,76	13,51	89,07
SCFC	4,93	10,26	7,36	6,93	7,99	8,80	10,25	9,30	5,54	11,02	82,38	
18	NA	167	296	163	93	37	7	15	15	0	19	811
	DAPM	10,49	12,58	16,78	21,38	25,21	28,97	31,91	36,13	0,00	47,24	230,67
	VCM	0,044	0,067	0,128	0,221	0,320	0,436	0,542	0,715	0,000	1,302	3,775
	SBE	6,30	17,17	18,26	18,31	10,85	3,02	7,62	10,30	0,00	24,92	116,77
	SBFM	4,81	12,64	18,93	19,13	12,54	3,09	8,69	9,97	0,00	21,49	111,28
	SBFE	6,83	18,48	21,23	23,36	11,98	3,98	7,60	12,77	0,00	22,77	128,99
	SBFC	9,86	16,13	21,11	16,92	12,02	2,18	7,33	11,08	0,00	21,19	117,82
	SCE	2,60	7,08	7,69	7,71	4,58	1,24	3,20	4,31	0,00	10,65	49,06
	SCFM	1,99	5,22	7,93	7,99	5,30	1,26	3,61	4,14	0,00	9,11	46,57
	SCFE	2,83	7,63	8,93	9,80	5,05	1,63	3,18	5,33	0,00	9,76	54,14
SCFC	4,11	6,70	8,88	7,11	5,11	0,89	3,06	4,62	0,00	9,02	49,50	
19	NA	156	352	167	126	111	56	30	52	11	37	1096
	DAPM	10,46	12,75	16,89	20,95	24,56	28,80	32,51	36,67	40,96	58,16	282,71
	VCM	0,044	0,070	0,130	0,211	0,301	0,431	0,565	0,741	0,947	2,220	5,659
	SBE	5,84	21,10	18,99	23,82	30,54	22,36	15,95	37,51	10,51	92,67	279,29
	SBFM	4,37	17,02	19,92	24,52	27,25	22,10	16,91	42,47	11,29	90,21	276,07
	SBFE	5,51	21,54	22,49	27,46	32,43	23,86	20,57	40,29	13,93	81,42	289,50
	SBFC	8,96	21,72	22,22	21,70	26,12	15,58	14,26	47,17	16,59	88,97	283,29
	SCE	2,42	8,78	7,99	10,13	12,98	9,45	6,67	15,75	4,32	38,38	116,86
	SCFM	1,82	7,08	8,31	10,37	11,52	9,28	7,02	17,74	4,60	37,17	114,90
	SCFE	2,29	8,97	9,42	11,67	13,75	10,08	8,58	16,85	5,76	33,97	121,34
SCFC	3,75	9,08	9,31	9,21	11,09	6,57	5,95	19,80	6,79	36,83	118,37	
20	NA	215	526	137	152	56	56	22	11	15	0	1189
	DAPM	10,53	12,43	17,09	20,73	24,87	28,50	32,95	36,39	40,11	0,00	223,60
	VCM	0,045	0,065	0,134	0,206	0,310	0,421	0,583	0,727	0,903	0,000	3,394
	SBE	8,20	29,61	16,07	27,97	15,76	21,80	12,38	7,87	13,31	0,00	152,98
	SBFM	4,36	19,90	16,11	29,21	16,65	22,31	15,10	8,36	14,50	0,00	146,50
	SBFE	7,28	28,22	16,94	30,38	17,54	25,96	12,49	9,90	14,69	0,00	163,39
	SBFC	8,93	25,41	17,96	25,85	15,96	15,73	12,73	9,28	21,31	0,00	153,17
	SCE	3,37	12,26	6,74	11,75	6,58	9,20	5,19	3,36	5,61	0,00	64,05
	SCFM	1,80	8,29	6,76	12,20	6,92	9,36	6,32	3,55	6,08	0,00	61,27
	SCFE	3,00	11,71	7,10	12,72	7,30	10,92	5,23	4,23	6,21	0,00	68,42
SCFC	3,71	10,63	7,57	10,84	6,67	6,63	5,35	3,96	8,98	0,00	64,34	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.



ANEXO XIV – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (21 A 24) E POR CLASSES DE DIÂMETRO

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
21	NA	204	370	111	63	48	22	26	7	0	0	852
	DAPM	10,48	12,04	16,77	21,10	24,61	28,28	32,42	36,92	0,00	0,00	182,62
	VCM	0,044	0,061	0,128	0,215	0,303	0,414	0,562	0,753	0,000	0,000	2,479
	SBE	7,69	19,32	12,46	12,10	13,31	8,57	13,89	5,46	0,00	0,00	92,79
	SBFM	3,32	10,00	12,96	13,06	16,09	9,93	12,15	4,75	0,00	0,00	82,26
	SBFE	6,49	17,60	13,88	13,57	14,05	8,57	14,50	5,28	0,00	0,00	93,93
	SBFC	6,80	12,76	14,46	11,56	15,42	7,00	10,25	5,27	0,00	0,00	83,52
	SCE	3,15	7,93	5,27	5,17	5,65	3,64	5,88	2,32	0,00	0,00	39,01
	SCFM	1,37	4,12	5,45	5,55	6,80	4,22	5,11	2,00	0,00	0,00	34,63
	SCFE	2,67	7,24	5,86	5,80	5,94	3,63	6,12	2,24	0,00	0,00	39,50
SCFC	2,81	5,29	6,11	4,94	6,54	2,99	4,33	2,24	0,00	0,00	35,25	
22	NA	152	437	119	78	85	37	19	4	4	15	948
	DAPM	10,55	12,50	16,44	20,95	24,95	28,84	32,59	35,01	40,11	51,73	273,67
	VCM	0,045	0,066	0,122	0,211	0,312	0,432	0,568	0,666	0,903	1,616	4,943
	SBE	5,82	24,88	12,71	14,68	24,34	14,96	10,04	2,39	3,32	25,47	138,60
	SBFM	3,21	16,39	10,39	14,92	26,21	15,25	12,09	2,78	3,00	20,38	124,60
	SBFE	5,39	23,18	12,48	16,55	25,05	21,02	10,81	2,78	4,43	22,65	144,35
	SBFC	6,57	20,92	11,58	13,20	25,12	10,75	10,19	3,09	4,41	20,10	125,93
	SCE	2,39	10,33	5,35	6,17	10,19	6,20	4,28	1,01	1,46	10,82	58,20
	SCFM	1,31	6,83	4,35	6,25	10,92	6,31	5,15	1,17	1,32	8,60	52,20
	SCFE	2,21	9,63	5,24	6,94	10,46	8,73	4,62	1,17	1,95	9,61	60,57
SCFC	2,71	8,76	4,87	5,55	10,51	4,47	4,36	1,30	1,94	8,52	53,00	
23	NA	89	230	70	89	85	52	41	19	11	37	722
	DAPM	10,48	12,70	16,85	21,00	24,87	28,58	32,58	37,56	40,53	64,14	289,29
	VCM	0,044	0,069	0,129	0,212	0,310	0,424	0,568	0,781	0,924	2,955	6,415
	SBE	3,35	13,59	7,98	16,86	24,11	20,49	22,06	14,18	10,24	131,02	263,89
	SBFM	3,03	13,20	9,83	20,72	30,58	23,25	22,54	13,88	12,16	94,12	243,32
	SBFE	3,81	15,97	10,63	23,28	32,54	22,09	24,36	14,31	10,38	113,10	270,46
	SBFC	6,21	16,86	10,96	18,33	29,31	16,39	19,01	15,42	17,88	92,82	243,19
	SCE	1,39	5,66	3,37	7,09	10,07	8,68	9,30	5,96	4,31	56,05	111,87
	SCFM	1,26	5,52	4,13	8,67	12,72	9,80	9,43	5,80	5,10	40,01	102,42
	SCFE	1,58	6,66	4,49	9,77	13,58	9,33	10,24	5,99	4,37	48,49	114,49
SCFC	2,59	7,07	4,62	7,70	12,25	6,94	7,99	6,47	7,53	39,64	102,81	
24	NA	200	467	204	67	59	41	30	26	19	0	1111
	DAPM	10,45	12,64	16,85	21,10	24,71	28,94	32,59	36,01	42,46	0,00	225,74
	VCM	0,044	0,068	0,129	0,215	0,305	0,436	0,569	0,710	1,025	0,000	3,502
	SBE	7,49	27,38	23,10	12,81	16,52	16,60	16,07	17,92	19,12	0,00	157,02
	SBFM	3,97	22,08	25,58	13,76	18,67	18,24	19,53	19,59	17,11	0,00	158,54
	SBFE	6,85	30,01	26,48	13,62	19,74	18,22	17,72	16,84	18,17	0,00	167,65
	SBFC	8,14	28,19	28,53	12,18	17,90	12,86	16,47	21,76	25,16	0,00	171,18
	SCE	3,07	11,40	9,75	5,39	7,02	6,94	6,88	7,41	8,24	0,00	66,08
	SCFM	1,63	9,22	10,75	5,75	7,90	7,56	8,34	8,03	7,35	0,00	66,55
	SCFE	2,82	12,52	11,17	5,72	8,38	7,60	7,58	6,96	7,84	0,00	70,59
SCFC	3,36	11,82	12,05	5,11	7,61	5,36	7,07	8,96	10,86	0,00	72,20	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

ANEXO XV – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (25 A 28) E POR CLASSES DE DIÂMETRO

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	NA	207	419	163	89	89	41	37	44	0	15	1104
	DAPM	10,50	12,72	16,74	20,84	24,92	28,71	33,07	36,82	0,00	54,83	239,15
	VCM	0,044	0,069	0,127	0,209	0,311	0,428	0,587	0,746	0,000	1,950	4,472
	SBE	7,87	24,85	18,19	16,59	25,30	16,27	20,82	32,40	0,00	32,03	194,31
	SBFM	5,70	22,39	20,46	20,27	34,70	19,29	24,01	29,18	0,00	30,01	206,01
	SBFE	8,41	28,09	21,69	20,42	33,24	17,80	25,46	33,55	0,00	30,96	219,62
	SBFC	11,69	28,57	22,82	17,93	33,26	13,60	20,25	32,41	0,00	29,59	210,13
	SCE	3,24	10,34	7,63	7,04	10,71	6,85	8,75	13,78	0,00	13,38	81,71
	SCFM	2,36	9,35	8,56	8,56	14,60	8,06	10,05	12,36	0,00	12,45	86,34
	SCFE	3,48	11,71	9,09	8,63	14,06	7,49	10,68	14,26	0,00	12,90	92,30
SCFC	4,87	11,99	9,59	7,61	14,06	5,71	8,51	13,79	0,00	12,34	88,46	
26	NA	119	389	144	70	85	30	7	4	4	0	852
	DAPM	10,56	13,04	16,74	20,51	25,20	28,09	31,67	37,56	41,70	0,00	225,07
	VCM	0,045	0,073	0,127	0,201	0,319	0,407	0,533	0,780	0,984	0,000	3,469
	SBE	4,55	24,50	16,11	12,62	24,90	11,22	3,74	2,83	3,66	0,00	104,14
	SBFM	5,01	28,85	20,45	15,57	30,61	13,11	4,44	1,46	1,84	0,00	121,34
	SBFE	5,47	28,19	18,29	14,59	28,21	12,36	4,44	2,08	2,62	0,00	116,26
	SBFC	10,27	36,82	22,80	13,78	29,34	9,24	3,75	1,62	2,71	0,00	130,34
	SCE	1,91	10,27	6,68	5,27	10,39	4,68	1,58	1,21	1,56	0,00	43,56
	SCFM	2,10	12,04	8,43	6,45	12,71	5,42	1,87	0,62	0,78	0,00	50,43
	SCFE	2,30	11,82	7,59	6,09	11,78	5,15	1,88	0,89	1,12	0,00	48,62
SCFC	4,33	15,45	9,44	5,73	12,24	3,84	1,58	0,69	1,16	0,00	54,46	
27	NA	137	356	170	74	44	19	11	15	4	0	830
	DAPM	10,51	12,68	16,88	20,74	24,96	27,82	33,00	35,89	41,70	0,00	224,18
	VCM	0,045	0,068	0,130	0,206	0,313	0,398	0,584	0,705	0,984	0,000	3,434
	SBE	5,21	20,97	19,39	13,66	12,70	6,85	6,21	10,15	3,66	0,00	98,81
	SBFM	5,08	22,08	25,60	17,52	17,17	9,29	8,67	12,86	4,17	0,00	122,45
	SBFE	5,46	22,76	23,58	16,16	13,56	7,52	5,27	9,87	2,52	0,00	106,70
	SBFC	10,42	28,19	28,55	15,50	16,46	6,55	7,31	14,29	6,13	0,00	133,40
	SCE	2,16	8,73	8,13	5,73	5,28	2,88	2,62	4,28	1,50	0,00	41,32
	SCFM	2,12	9,22	10,68	7,30	7,09	3,88	3,65	5,41	1,70	0,00	51,05
	SCFE	2,27	9,51	9,90	6,78	5,64	3,16	2,23	4,17	1,03	0,00	44,69
SCFC	4,36	11,82	11,97	6,49	6,83	2,75	3,09	6,04	2,51	0,00	55,86	
28	NA	130	348	181	93	93	33	4	11	4	11	907
	DAPM	10,53	12,61	16,98	21,24	25,02	28,75	33,10	35,76	41,38	56,34	281,72
	VCM	0,045	0,068	0,131	0,218	0,314	0,429	0,588	0,699	0,968	2,140	5,599
	SBE	4,95	20,30	20,93	18,05	26,59	13,37	2,08	7,54	3,59	26,91	144,31
	SBFM	4,22	17,02	26,08	21,39	34,93	14,87	3,16	10,05	4,70	14,68	151,10
	SBFE	4,64	20,92	26,13	21,02	30,55	13,66	1,93	7,33	2,95	18,85	147,98
	SBFC	8,66	21,73	29,09	18,92	33,48	10,49	2,66	11,16	6,91	14,47	157,57
	SCE	2,04	8,39	8,79	7,52	11,06	5,52	0,91	3,22	1,55	11,49	60,48
	SCFM	1,76	7,07	10,94	8,90	14,45	6,12	1,37	4,28	2,02	6,22	63,13
	SCFE	1,92	8,68	10,99	8,77	12,72	5,63	0,84	3,12	1,27	8,04	61,98
SCFC	3,62	9,06	12,26	7,91	13,92	4,34	1,16	4,77	2,98	6,17	66,18	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

**ANEXO XVI – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (29 A 32) E POR CLASSES DE DIÂMETRO**

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
29	NA	111	252	141	63	44	22	11	11	4	11	670
	DAPM	10,44	12,93	17,18	20,82	24,80	29,44	33,32	37,03	42,02	60,80	288,78
	VCM	0,044	0,072	0,135	0,208	0,308	0,453	0,596	0,756	1,001	2,569	6,142
	SBE	4,16	15,53	16,69	11,72	12,51	9,44	6,35	8,21	3,73	33,25	121,58
	SBFM	3,36	12,83	15,83	10,55	12,59	7,80	6,91	9,59	1,87	35,65	116,99
	SBFE	4,37	16,46	17,87	12,50	13,13	8,44	5,73	6,90	2,67	24,77	112,85
	SBFC	6,89	16,38	17,66	9,34	12,07	5,50	5,83	10,65	2,75	35,15	122,22
	SCE	1,73	6,50	7,09	4,97	5,23	3,97	2,63	3,43	1,59	14,16	51,30
	SCFM	1,40	5,33	6,69	4,44	5,24	3,25	2,85	3,97	0,80	15,11	49,07
	SCFE	1,83	6,88	7,58	5,28	5,48	3,54	2,36	2,88	1,14	10,54	47,51
SCFC	2,88	6,84	7,49	3,95	5,04	2,30	2,42	4,43	1,18	14,97	51,50	
30	NA	133	315	144	93	85	63	48	11	22	19	933
	DAPM	10,45	12,58	16,94	21,16	24,99	28,74	32,64	36,39	40,74	54,05	278,69
	VCM	0,044	0,067	0,131	0,216	0,314	0,429	0,570	0,727	0,936	2,032	5,465
	SBE	5,00	18,22	16,56	17,90	24,45	25,22	26,21	7,87	20,76	43,05	205,24
	SBFM	3,04	13,56	13,51	18,28	22,83	19,97	22,68	7,01	15,68	30,35	166,91
	SBFE	5,13	19,94	18,65	22,16	26,64	26,70	27,88	9,56	21,12	42,89	220,68
	SBFC	6,24	17,31	15,07	16,17	21,88	14,08	19,13	7,78	23,05	29,93	170,64
	SCE	2,05	7,56	6,92	7,55	10,24	10,64	11,03	3,24	8,88	18,81	86,91
	SCFM	1,25	5,63	5,63	7,68	9,50	8,37	9,48	2,87	6,66	13,21	70,28
	SCFE	2,11	8,28	7,79	9,33	11,12	11,21	11,69	3,94	9,01	18,77	93,26
SCFC	2,58	7,22	6,31	6,83	9,15	5,93	8,03	3,20	9,84	13,09	72,17	
31	NA	119	407	196	89	70	33	22	26	11	11	985
	DAPM	10,46	12,97	17,04	21,00	24,69	28,61	32,63	35,97	41,17	48,60	273,14
	VCM	0,044	0,072	0,133	0,212	0,305	0,425	0,570	0,708	0,958	1,404	4,832
	SBE	4,46	25,31	22,88	16,89	19,61	13,21	12,09	17,86	10,66	16,31	159,29
	SBFM	3,76	23,77	24,42	17,02	23,11	14,55	15,50	20,57	12,68	15,92	171,28
	SBFE	5,16	29,55	26,82	19,48	21,35	14,80	10,25	15,83	10,86	16,12	170,21
	SBFC	7,71	30,34	27,23	15,06	22,15	10,26	13,07	22,85	18,63	15,70	182,99
	SCE	1,86	10,55	9,55	7,10	8,26	5,58	5,05	7,50	4,53	6,82	66,80
	SCFM	1,57	9,88	10,16	7,10	9,69	6,10	6,45	8,58	5,37	6,61	71,52
	SCFE	2,16	12,31	11,19	8,18	8,99	6,24	4,29	6,64	4,61	6,75	71,36
SCFC	3,24	12,67	11,38	6,31	9,33	4,32	5,47	9,58	7,93	6,55	76,78	
32	NA	163	289	67	33	22	15	7	7	0	7	611
	DAPM	10,48	12,46	16,41	21,36	24,78	29,13	32,95	37,40	0,00	49,18	234,14
	VCM	0,044	0,066	0,122	0,220	0,307	0,443	0,582	0,773	0,000	1,436	3,993
	SBE	6,14	16,46	7,11	6,58	6,23	6,14	4,12	5,61	0,00	11,14	69,53
	SBFM	3,85	13,99	8,59	7,38	6,02	6,97	3,87	5,60	0,00	12,32	68,59
	SBFE	5,44	16,44	8,55	7,18	7,07	7,30	5,36	7,20	0,00	11,25	75,80
	SBFC	7,89	17,86	9,58	6,53	5,77	4,92	3,26	6,22	0,00	12,15	74,18
	SCE	2,53	6,83	2,99	2,76	2,62	2,59	1,74	2,40	0,00	4,62	29,09
	SCFM	1,60	5,83	3,60	3,08	2,52	2,93	1,64	2,39	0,00	5,09	28,69
	SCFE	2,25	6,86	3,61	3,01	2,97	3,10	2,28	3,08	0,00	4,67	31,83
SCFC	3,29	7,48	4,04	2,74	2,43	2,08	1,39	2,66	0,00	5,05	31,15	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

ANEXO XVII – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (33 A 36) E POR CLASSES DE DIÂMETRO

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
33	NA	237	359	111	26	59	37	26	19	7	11	893
	DAPM	10,42	12,41	16,85	21,65	25,05	29,09	32,29	36,10	41,06	59,21	284,11
	VCM	0,044	0,065	0,129	0,227	0,315	0,441	0,557	0,715	0,952	2,165	5,610
	SBE	8,83	20,17	12,61	5,29	17,08	15,30	13,75	12,88	7,05	26,46	139,41
	SBFM	4,71	17,55	14,38	5,78	19,41	19,34	13,06	12,33	8,25	20,77	135,59
	SBFE	8,18	21,90	13,59	6,22	20,77	19,87	16,96	12,36	9,99	18,88	148,72
	SBFC	9,66	22,40	16,03	5,11	18,60	13,64	11,02	13,69	12,13	20,48	142,78
	SCE	3,61	8,33	5,29	2,20	7,11	6,40	5,76	5,46	2,92	11,32	58,40
	SCFM	1,93	7,26	6,02	2,39	8,04	8,06	5,44	5,20	3,40	8,84	56,58
	SCFE	3,36	9,08	5,70	2,59	8,64	8,31	7,09	5,22	4,14	8,08	62,20
SCFC	3,98	9,31	6,74	2,13	7,74	5,71	4,61	5,80	5,02	8,76	59,80	
34	NA	107	293	111	59	56	74	56	33	11	48	848
	DAPM	10,44	13,14	16,99	20,83	25,51	29,06	32,66	36,57	41,06	53,67	279,93
	VCM	0,044	0,074	0,132	0,208	0,328	0,440	0,571	0,736	0,951	1,828	5,312
	SBE	4,02	18,75	12,84	11,02	16,72	30,53	30,28	23,93	10,56	96,34	254,99
	SBFM	3,70	18,19	14,86	14,21	20,75	37,06	36,48	27,86	11,33	79,25	263,69
	SBFE	4,87	21,95	14,93	11,70	18,50	27,76	31,13	18,47	9,41	68,71	227,44
	SBFC	7,59	23,23	16,57	12,58	19,89	26,13	30,76	30,94	16,65	78,16	262,48
	SCE	1,67	7,86	5,43	4,67	6,97	12,89	12,71	10,07	4,33	40,97	107,56
	SCFM	1,54	7,65	6,26	6,00	8,59	15,59	15,25	11,66	4,62	33,49	110,65
	SCFE	2,04	9,22	6,32	4,94	7,72	11,73	13,04	7,77	3,86	29,22	95,85
SCFC	3,18	9,81	7,01	5,33	8,27	11,04	12,92	13,01	6,82	33,18	110,58	
35	NA	130	426	226	141	52	22	0	0	4	0	1000
	DAPM	10,53	12,67	16,93	20,98	24,42	27,96	0,00	0,00	40,43	0,00	153,92
	VCM	0,045	0,068	0,131	0,212	0,298	0,403	0,000	0,000	0,919	0,000	2,075
	SBE	4,95	25,09	25,91	26,68	14,06	8,32	0,00	0,00	3,39	0,00	108,40
	SBFM	5,84	31,28	31,70	33,20	16,76	9,79	0,00	0,00	3,01	0,00	131,58
	SBFE	6,14	31,26	31,09	32,53	16,29	9,96	0,00	0,00	3,05	0,00	130,31
	SBFC	11,98	39,93	35,35	29,38	16,07	6,90	0,00	0,00	4,42	0,00	144,02
	SCE	2,06	10,51	10,83	11,20	5,90	3,49	0,00	0,00	1,45	0,00	45,45
	SCFM	2,42	13,04	13,19	13,87	7,01	4,09	0,00	0,00	1,28	0,00	54,90
	SCFE	2,56	13,10	13,01	13,65	6,84	4,18	0,00	0,00	1,31	0,00	54,64
SCFC	4,98	16,72	14,77	12,33	6,75	2,90	0,00	0,00	1,90	0,00	60,35	
36	NA	181	311	181	111	81	48	30	7	15	11	978
	DAPM	10,47	12,80	16,66	20,59	24,65	28,79	32,23	36,61	40,82	60,90	284,54
	VCM	0,044	0,070	0,126	0,203	0,304	0,431	0,554	0,737	0,940	2,774	6,184
	SBE	6,84	18,75	20,03	20,13	22,61	19,37	15,64	5,33	13,92	37,03	179,66
	SBFM	4,52	18,69	25,76	25,07	27,83	22,44	19,15	4,84	16,51	29,70	194,50
	SBFE	6,92	20,35	23,44	23,98	24,77	20,27	16,58	4,05	11,54	31,43	183,32
	SBFC	9,26	23,86	28,73	22,18	26,67	15,82	16,15	5,37	24,27	29,29	201,61
	SCE	2,81	7,81	8,42	8,41	9,45	8,10	6,52	2,25	5,91	15,68	75,37
	SCFM	1,87	7,79	10,81	10,46	11,59	9,34	7,96	2,02	6,95	12,51	81,30
	SCFE	2,86	8,48	9,84	10,01	10,35	8,49	6,92	1,71	4,89	13,30	76,85
SCFC	3,85	9,99	12,11	9,30	11,16	6,61	6,74	2,26	10,27	12,39	84,68	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

ANEXO XVIII – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (37 A 40) E POR CLASSES DE DIÂMETRO

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
37	NA	119	344	100	74	81	37	22	7	15	4	804
	DAPM	10,52	12,69	17,06	20,69	24,73	29,00	33,26	37,40	41,38	43,93	270,66
	VCM	0,045	0,069	0,133	0,205	0,306	0,438	0,595	0,773	0,968	1,105	4,637
	SBE	4,52	20,36	11,67	13,58	22,78	15,16	12,66	5,61	14,37	4,16	124,86
	SBFM	4,51	23,39	15,43	15,38	29,43	18,47	13,44	6,72	15,04	5,27	147,08
	SBFE	4,99	24,82	14,22	16,87	27,73	19,64	12,50	6,69	15,38	4,59	147,43
	SBFC	9,24	29,86	17,21	13,61	28,21	13,02	11,34	7,46	22,11	5,20	157,26
	SCE	1,89	8,48	4,96	5,61	9,58	6,35	5,12	2,26	6,03	1,75	52,03
	SCFM	1,89	9,72	6,54	6,33	12,35	7,72	5,40	2,69	6,27	2,21	61,10
	SCFE	2,08	10,36	6,05	6,98	11,68	8,22	5,04	2,70	6,49	1,93	61,53
SCFC	3,90	12,46	7,33	5,62	11,89	5,47	4,57	3,00	9,27	2,19	65,68	
38	NA	144	337	170	93	59	33	19	7	4	0	867
	DAPM	10,45	12,66	16,86	20,80	24,75	29,18	32,85	36,45	42,34	0,00	226,33
	VCM	0,044	0,068	0,129	0,208	0,307	0,444	0,580	0,729	1,018	0,000	3,526
	SBE	5,41	19,83	19,35	17,20	16,59	13,84	10,26	5,26	3,80	0,00	111,54
	SBFM	5,36	21,01	22,13	18,78	17,43	11,69	8,08	5,32	3,33	0,00	113,13
	SBFE	6,74	25,17	25,30	20,91	20,03	14,81	11,42	6,84	3,38	0,00	134,59
	SBFC	10,99	26,81	24,67	16,62	16,71	8,24	6,81	5,91	4,90	0,00	121,67
	SCE	2,26	8,37	8,16	7,24	6,92	5,82	4,30	2,25	1,63	0,00	46,95
	SCFM	2,26	8,89	9,32	7,87	7,24	4,90	3,37	2,27	1,42	0,00	47,53
	SCFE	2,85	10,67	10,69	8,81	8,37	6,23	4,78	2,93	1,45	0,00	56,78
SCFC	4,65	11,40	10,44	7,00	6,97	3,47	2,86	2,53	2,10	0,00	51,41	
39	NA	96	211	137	78	48	41	22	11	11	0	656
	DAPM	10,49	12,44	16,97	21,07	24,56	29,05	32,36	37,88	40,74	0,00	225,57
	VCM	0,044	0,066	0,131	0,214	0,301	0,440	0,559	0,795	0,935	0,000	3,486
	SBE	3,64	11,92	15,81	14,90	13,24	16,77	11,85	8,68	10,37	0,00	107,17
	SBFM	3,34	13,09	17,76	17,80	16,11	17,68	12,79	8,21	14,97	0,00	121,74
	SBFE	4,00	16,09	21,19	19,00	14,93	19,92	11,82	8,53	6,50	0,00	121,98
	SBFC	6,84	16,71	19,81	15,75	15,44	12,46	10,79	9,12	22,01	0,00	128,92
	SCE	1,51	5,01	6,63	6,25	5,49	6,99	5,05	3,65	4,51	0,00	45,08
	SCFM	1,39	5,50	7,44	7,42	6,66	7,33	5,43	3,42	6,48	0,00	51,06
	SCFE	1,66	6,78	8,91	7,99	6,20	8,33	5,04	3,59	2,82	0,00	51,32
SCFC	2,85	7,05	8,33	6,60	6,41	5,19	4,60	3,82	9,57	0,00	54,43	
40	NA	181	311	63	44	30	22	26	7	0	11	696
	DAPM	10,45	12,34	16,65	21,14	24,79	28,49	32,97	37,08	0,00	54,96	238,87
	VCM	0,044	0,064	0,126	0,216	0,308	0,420	0,584	0,758	0,000	1,823	4,342
	SBE	6,81	17,25	6,94	8,59	8,32	8,70	14,47	5,49	0,00	21,76	98,33
	SBFM	3,11	12,25	6,25	11,00	10,31	10,47	14,10	5,81	0,00	17,43	90,72
	SBFE	5,92	16,92	6,87	10,97	10,56	10,62	12,72	6,31	0,00	23,81	104,69
	SBFC	6,37	15,63	6,97	9,74	9,88	7,38	11,89	6,45	0,00	17,18	91,50
	SCE	2,78	7,13	2,94	3,59	3,50	3,71	6,18	2,38	0,00	9,24	41,44
	SCFM	1,27	5,09	2,64	4,58	4,32	4,44	5,97	2,50	0,00	7,33	38,14
	SCFE	2,42	7,03	2,90	4,59	4,43	4,53	5,44	2,74	0,00	10,09	44,17
SCFC	2,62	6,53	2,96	4,07	4,16	3,15	5,06	2,79	0,00	7,26	38,59	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

ANEXO XIX – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (41 A 44) E POR CLASSES DE DIÂMETRO

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
41	NA	126	378	196	185	96	41	56	11	0	7	1096
	DAPM	10,60	12,68	16,85	20,55	24,86	28,73	32,23	35,97	0,00	51,41	233,89
	VCM	0,045	0,068	0,129	0,202	0,310	0,429	0,554	0,708	0,000	1,590	4,036
	SBE	4,87	22,29	22,27	33,44	27,27	16,30	29,32	7,65	0,00	12,49	175,89
	SBFM	6,07	30,08	30,87	42,60	35,71	20,75	34,27	9,39	0,00	14,53	224,27
	SBFE	6,26	28,29	27,62	40,64	30,41	16,67	32,86	6,62	0,00	10,77	200,15
	SBFC	12,45	38,40	34,43	37,69	34,23	14,63	28,90	10,43	0,00	14,33	225,48
	SCE	2,04	9,36	9,35	14,09	11,48	6,90	12,38	3,27	0,00	5,31	74,18
	SCFM	2,54	12,58	12,90	17,88	14,97	8,75	14,41	3,99	0,00	6,15	94,17
	SCFE	2,63	11,88	11,57	17,11	12,79	7,04	13,85	2,83	0,00	4,57	84,27
SCFC	5,23	16,13	14,45	15,89	14,42	6,19	12,21	4,46	0,00	6,09	95,07	
42	NA	163	330	144	111	56	19	30	7	7	7	874
	DAPM	10,46	12,78	16,98	21,28	25,21	28,65	32,98	35,17	41,38	57,45	282,35
	VCM	0,044	0,070	0,131	0,219	0,320	0,426	0,584	0,673	0,968	2,087	5,523
	SBE	6,12	19,86	16,64	21,79	16,26	7,36	16,56	4,83	7,18	17,07	133,68
	SBFM	5,66	24,50	21,01	29,15	20,71	9,76	21,93	6,28	7,04	17,41	163,45
	SBFE	7,52	26,18	21,60	26,21	19,89	9,05	17,98	4,11	6,44	17,41	156,39
	SBFC	11,60	31,28	23,43	25,79	19,85	6,88	18,50	6,97	10,35	17,17	171,83
	SCE	2,56	8,31	7,01	9,20	6,81	3,08	6,96	2,06	3,00	7,21	56,19
	SCFM	2,37	10,23	8,81	12,26	8,63	4,07	9,19	2,68	2,92	7,32	68,47
	SCFE	3,15	10,97	9,12	11,07	8,31	3,78	7,53	1,76	2,70	7,35	65,73
SCFC	4,89	13,12	9,87	10,90	8,31	2,88	7,79	2,99	4,31	7,25	72,29	
43	NA	170	333	181	122	100	56	30	11	19	7	1030
	DAPM	10,50	12,67	17,18	20,85	24,80	29,16	33,42	37,35	40,11	45,84	271,89
	VCM	0,044	0,068	0,135	0,209	0,308	0,443	0,601	0,770	0,903	1,216	4,698
	SBE	6,46	19,65	21,51	22,82	28,18	23,05	17,07	8,38	16,63	9,23	172,99
	SBFM	6,10	18,86	23,41	27,23	32,36	25,90	16,34	9,91	16,84	9,14	186,09
	SBFE	7,40	23,73	25,60	27,83	32,74	24,56	18,47	7,92	16,09	11,00	195,35
	SBFC	12,51	24,08	26,10	24,09	31,02	18,26	13,78	11,01	24,76	9,02	194,62
	SCE	2,69	8,22	9,00	9,52	11,85	9,74	7,31	3,49	6,76	3,98	72,55
	SCFM	2,55	7,90	9,78	11,31	13,55	10,89	6,97	4,11	6,78	3,91	77,74
	SCFE	3,09	9,96	10,74	11,61	13,78	10,37	7,93	3,30	6,53	4,75	82,07
SCFC	5,25	10,13	10,95	10,06	13,04	7,71	5,90	4,58	10,01	3,88	81,52	
44	NA	85	344	233	81	41	37	11	7	4	0	844
	DAPM	10,56	12,76	16,82	21,31	24,57	29,19	33,10	36,61	41,38	0,00	226,30
	VCM	0,045	0,069	0,129	0,220	0,302	0,444	0,588	0,738	0,968	0,000	3,503
	SBE	3,27	20,61	26,30	16,04	11,23	15,40	6,25	5,34	3,59	0,00	108,03
	SBFM	4,34	25,76	35,10	19,61	13,84	18,04	7,53	6,53	4,04	0,00	134,77
	SBFE	4,20	27,70	36,63	21,60	14,11	16,76	8,53	7,13	4,04	0,00	140,69
	SBFC	8,89	32,88	39,14	17,35	13,26	12,72	6,35	7,25	5,93	0,00	143,78
	SCE	1,37	8,62	11,00	6,79	4,72	6,28	2,62	2,19	1,52	0,00	45,12
	SCFM	1,82	10,76	14,65	8,28	5,80	7,33	3,15	2,67	1,70	0,00	56,15
	SCFE	1,77	11,63	15,40	9,17	5,91	6,82	3,57	2,93	1,70	0,00	58,92
SCFC	3,75	13,80	16,42	7,36	5,58	5,19	2,67	2,98	2,51	0,00	60,25	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

ANEXO XX – ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>), POR AMOSTRA (45 A 48) E POR CLASSES DE DIÂMETRO

Am	Dados	Classe										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
45	NA	104	204	133	107	37	44	26	7	0	15	678
	DAPM	10,48	12,95	16,80	20,54	24,45	28,52	32,19	35,97	0,00	43,85	225,74
	VCM	0,044	0,072	0,128	0,202	0,298	0,421	0,553	0,708	0,000	1,101	3,528
	SBE	3,92	12,58	15,00	19,33	10,07	17,46	13,64	5,10	0,00	16,55	113,66
	SBFM	3,69	16,75	19,78	25,24	12,77	21,98	16,20	6,00	0,00	19,34	141,75
	SBFE	4,47	15,26	16,90	21,92	11,63	19,19	13,03	3,40	0,00	11,79	117,60
	SBFC	7,58	21,38	22,06	22,33	12,24	15,50	13,66	6,67	0,00	19,07	140,48
	SCE	1,62	5,27	6,25	8,07	4,16	7,29	5,65	2,14	0,00	6,87	47,32
	SCFM	1,53	6,99	8,21	10,51	5,25	9,14	6,68	2,51	0,00	8,00	58,81
	SCFE	1,86	6,39	7,04	9,16	4,81	8,01	5,40	1,43	0,00	4,90	48,98
SCFC	3,15	8,96	9,20	9,34	5,06	6,48	5,66	2,80	0,00	7,92	58,56	
46	NA	44	144	89	137	67	33	19	4	11	4	552
	DAPM	10,61	12,91	16,87	20,66	24,56	29,28	32,34	36,92	39,68	52,84	276,68
	VCM	0,045	0,071	0,130	0,204	0,302	0,448	0,559	0,750	0,882	1,667	5,057
	SBE	1,72	8,87	10,10	25,03	18,35	13,98	9,86	2,72	9,72	6,56	106,91
	SBFM	2,16	11,65	12,65	31,76	20,76	15,58	11,28	2,88	10,45	4,01	123,19
	SBFE	2,25	11,88	13,24	33,53	23,52	16,60	11,28	2,88	10,45	6,81	132,44
	SBFC	4,42	14,88	14,11	28,10	19,90	10,99	9,51	3,20	15,36	3,95	124,43
	SCE	0,73	3,75	4,29	10,63	7,77	5,93	4,16	1,15	4,10	2,74	45,26
	SCFM	0,91	4,90	5,34	13,43	8,75	6,58	4,74	1,21	4,39	1,67	51,94
	SCFE	0,95	5,02	5,62	14,26	9,96	7,04	4,76	1,22	4,41	2,85	56,11
SCFC	1,87	6,29	5,99	11,94	8,43	4,66	4,02	1,35	6,49	1,65	52,69	
47	NA	133	319	200	111	89	89	52	11	7	11	1022
	DAPM	10,54	12,65	16,75	21,01	24,66	28,79	33,45	35,97	41,38	51,04	276,23
	VCM	0,045	0,068	0,127	0,212	0,304	0,431	0,602	0,708	0,969	1,561	5,028
	SBE	5,10	18,69	22,33	21,08	24,70	35,77	29,95	7,65	7,19	18,34	190,80
	SBFM	4,63	23,71	29,22	28,11	32,01	44,86	37,45	9,81	8,67	17,00	235,46
	SBFE	5,64	23,58	27,31	24,34	27,83	33,30	31,86	6,67	6,92	15,51	202,96
	SBFC	9,50	30,26	32,59	24,87	30,68	31,63	31,58	10,89	12,75	16,77	231,51
	SCE	2,12	7,90	9,40	8,90	10,38	15,10	12,53	3,26	3,05	7,82	80,46
	SCFM	1,94	10,01	12,25	11,83	13,38	18,85	15,60	4,16	3,66	7,20	98,89
	SCFE	2,36	9,98	11,47	10,26	11,70	14,06	13,28	2,84	2,94	6,60	85,49
SCFC	4,00	12,83	13,72	10,52	12,89	13,35	13,22	4,64	5,41	7,14	97,72	
48	NA	300	496	122	111	59	33	19	11	7	11	1170
	DAPM	10,49	12,47	16,85	20,78	24,94	29,10	32,59	36,60	41,53	78,62	303,97
	VCM	0,044	0,066	0,129	0,207	0,313	0,441	0,568	0,738	0,976	4,892	8,375
	SBE	11,36	28,22	13,84	20,59	16,93	13,76	10,04	8,00	7,25	70,80	200,78
	SBFM	5,84	20,62	16,48	26,01	21,56	17,16	12,50	9,15	9,70	59,28	198,29
	SBFE	9,66	26,92	15,65	21,73	18,48	13,46	7,88	8,84	5,65	60,89	189,17
	SBFC	11,98	26,32	18,38	23,01	20,66	12,10	10,54	10,16	14,27	58,46	205,87
	SCE	4,64	11,61	5,77	8,67	7,09	5,72	4,11	3,26	3,06	29,88	83,81
	SCFM	2,40	8,53	6,86	10,90	8,99	7,11	5,10	3,71	4,09	24,90	82,60
	SCFE	3,96	11,13	6,53	9,15	7,77	5,60	3,23	3,61	2,39	25,69	79,08
SCFC	4,95	10,94	7,69	9,69	8,66	5,03	4,32	4,14	6,04	24,67	86,13	

NA=nº de árvores; DAPM=dap médio; VCM=volume comercial médio; SBE=soma da biomassa por equação; SBMF=soma da biomassa por fator de expansão médio; SBFE=soma da biomassa por fator de expansão por espécie; SBFC=soma da biomassa por fator de expansão por classes de dap; SCE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por equação; SCFM=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; SCFE=soma do carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; SCFC=soma de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.

ANEXO XXI – ESTIMATIVAS MÉDIAS DE BIOMASSA E CARBONO, EM (T HA<sup>-1</sup>),  
POR CLASSES DE DIÂMETRO

Dados	Classe										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>NA</b>	172	368	147	90	61	38	25	14	9	12	936
<b>DAPM</b>	10,49	12,64	16,87	20,91	24,82	28,15	31,31	34,31	32,37	42,22	254,10
<b>VCM</b>	0,044	0,068	0,130	0,210	0,309	0,421	0,548	0,691	0,747	1,541	4,708
<b>BEM</b>	6,48	21,49	16,65	16,87	17,35	15,31	13,86	10,31	8,03	27,22	153,58
<b>MBFM</b>	4,47	19,44	19,11	19,72	20,19	17,26	15,65	11,03	8,40	22,44	157,71
<b>MBFE</b>	6,36	23,38	19,63	19,84	19,55	16,42	14,55	10,31	7,83	23,44	161,30
<b>MBFC</b>	9,16	24,81	21,31	17,45	19,35	12,17	13,20	12,25	12,35	22,13	164,19
<b>MCE</b>	2,67	8,94	6,99	7,10	7,28	6,43	5,83	4,34	3,38	11,54	64,48
<b>MCFM</b>	1,85	8,10	7,99	8,25	8,43	7,21	6,55	4,62	3,52	9,45	65,98
<b>MCFE</b>	2,63	9,75	8,25	8,34	8,20	6,89	6,11	4,34	3,29	9,94	67,74
<b>MCFC</b>	3,82	10,39	8,96	7,34	8,12	5,10	5,55	5,15	5,19	9,36	68,99

NA=n° de árvores médio; **DAPM**=dap médio; **VCM**=volume comercial médio; **MBE**= média da biomassa estimada por equação; **MBFM**=média da biomassa estimada por fator de expansão médio; **MBFE**=média da biomassa estimada por fator de expansão por espécie; **MBFC**=média da biomassa estimada por fator de expansão por classes de dap; **MCE**=média de carbono nas estimativas de biomassa por equação; **MCFM**=média de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão médio; **MCFE**=média de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por espécie; **MCFC**=média de carbono nas estimativas de biomassa por fator de expansão por classes de dap.



ANEXO XXII – ESTIMATIVAS DO ESTOQUE DE CARBONO EM (T HA<sup>-1</sup>) POR AMOSTRA, A SOMA E A MÉDIA UTILIZANDO A EQUAÇÃO SELECIONADA PARA BIOMASSA COM O VALOR DEFAULT (0,5) SUGERIDO PELO IPCC (2001)

<b>amostra</b>	<b>carbono em t</b>	<b>amostra</b>	<b>carbono em t</b>
1	103,57	25	97,16
2	72,76	26	52,07
3	95,29	27	49,41
4	70,79	28	72,15
5	111,17	29	60,79
6	107,07	30	102,62
7	71,37	31	79,64
8	101,80	32	34,77
9	70,79	33	69,70
10	84,35	34	127,49
11	92,81	35	54,20
12	35,54	36	89,83
13	15,13	37	62,43
14	77,24	38	55,77
15	113,23	39	53,58
16	54,90	40	49,17
17	95,31	41	87,95
18	58,38	42	66,84
19	139,65	43	86,49
20	76,49	44	54,02
21	46,40	45	56,83
22	69,30	46	53,45
23	131,94	47	95,40
24	78,51	48	100,39
<b>soma</b>		<b>3685,95</b>	
<b>média</b>		<b>76,79</b>	