

FONTES DE ERROS NAS ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO FIXADO NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA¹

Sources of Error in Estimating Dry Biomass and Carbon Storage in Mixed Ombrophilous Forest

Henrique Soares Koehler², Luciano Farinha Watzlawick³, Flávio Felipe Kirchner⁴ e Álvaro Felipe Valério⁵

Resumo: A realização de estudos para que se obtenham estimativas mais exatas e precisas da biomassa e de carbono armazenado, bem como para verificação dos erros que possam ser cometidos nestas determinações, é uma necessidade. Portanto, este trabalho foi realizado com o objetivo de demonstrar na prática as fontes e os níveis de erros nas estimativas de biomassa e carbono fixado. Pelos resultados obtidos, fica evidente que a utilização de equações e de teores não-apropriados levam a valores consideravelmente diferentes dos medidos, por isto o ideal é ter modelos matemáticos para as diferentes tipologias florestais, bem como utilizar os teores de carbono para os diferentes componentes e espécies quantificadas.

Palavras-chave: Biomassa, carbono, fontes de erros e Floresta Ombrófila Mista.

Abstract: Studies aiming to obtain more precise and accurate estimates of dry biomass and stored carbon and to determine possible sources of errors in such estimates are a real necessity. Thus, this work shows the levels and sources of error in estimating dry biomass and carbon storage. The results showed that the use of inappropriate equations and carbon content levels leads to very different values from the real measured ones. The use of specific mathematical models and carbon contents, based on the different forest types, is advisable if accurate estimates are to be obtained.

Keywords: Biomass, carbon, sources of errors and Mixed Ombrophilous Forest.

1 INTRODUÇÃO

Os cientistas têm alertado para o fato de que o aumento das emissões dos chamados gases efeito estufa (GEE) interfere no balanço radiativo da atmosfera, ou seja, a porcentagem de radiação solar que passa pela

atmosfera da Terra e é refletida pela sua superfície está levando, a longo prazo, ao aumento da temperatura média do Planeta (KOHLMAIER et al., 1998). As maiores fontes de emissão de gases efeito estufa pelo ser humano incluem a queima de combustíveis fósseis, os desmatamentos, as queimadas

¹ Recebido para publicação em 13.1.2006 e aceito em 11.2.2006.

² Prof. Adjunto, D.S., Departamento de Titotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Av. Lothário Meissner, 3400, 80230-091 Curitiba-PR, <koehler@ufpr.br>. ³ Prof. Adjunto, D.S. Departamento de Eng. Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, BR 153, Km 7, Bairro Riozinho, 84500-000 Irati-PR, <farinha@irati.unicentro.br>. ⁴ Prof. Adjunto, D.S., Departamento de Ciências Florestais da UFPR, <kirchner@floresta.ufpr.br>. ⁵ Acadêmico de Engenharia Florestal da UNICENTRO, <alvarofvalerio@yahoo.com.br>.

para tornar a terra disponível para a agricultura e a queima de madeira e carvão com fins combustíveis, todas liberando CO₂ para a atmosfera.

Salomão et al. (1996), visando entender como se processam as emissões de carbono para a atmosfera, são de opinião que é necessário que se respondam questões como: qual o estoque de carbono contido na biomassa de floresta primária, quais as taxas de acúmulo de carbono nas florestas secundárias de diversas idades e quais as quantidades de carbono acumuladas nas diversas florestas plantadas com espécies exóticas, nas diferentes idades e condições de sítio. Os estudos realizados focalizaram as implicações dos valores do carbono e da biodiversidade para o manejo florestal como funções ecológicas individuais.

Houghton (1994) e Fearnside (1994) relataram que biomas florestais diferentes armazenam diferentes quantidades de carbono dentro de sua biomassa, variando também com os locais dentro de um mesmo bioma. Esta afirmação é feita em função de a maioria das estimativas de biomassa ser obtida apenas nas partes aéreas da planta e considerando somente as partes vivas da planta acima do solo, devendo ser ressaltado que estas representam apenas certas classes de diâmetro. Outra preocupação é que a maioria dos valores publicados para biomassa muitas vezes apresenta inconsistência, como não considerar os componentes subterrâneos e os indivíduos mortos.

As formações florestais tropicais têm sido alvo de várias pesquisas relativas à quantificação da armazenagem de carbono. Woome e Palm (1998) apresentaram uma abordagem para estimar os estoques de carbono em florestas tropicais e os usos associados da terra. Ramirez et al. (1999) estimaram biomassa total por hectare, utilizando o programa de simulação SIRENA2, que faz uso das equações apresentadas por Brown et al. (1989). Após obter a biomassa

total, ela foi multiplicada por 0,50 para estimar a quantidade de carbono. Segura et al. (1999) calcularam, por meio de equações alométricas, a biomassa total e o carbono armazenado para florestas tropicais úmidas na região atlântica da Costa Rica. Higuchi e Carvalho Jr. (1994) apresentaram estimativas de biomassa total e por compartimento da árvore, acima do nível do solo, e correlacionaram os valores obtidos com variáveis fáceis de serem medidas em árvores em pé. Sanquetta et al. (2001) desenvolveram relações individuais de biomassa e conteúdo de carbono em plantações de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*, no sul do Brasil. Todos os trabalhos evidenciaram o crescente interesse por resultados mais exatos nessa área de pesquisa.

Biomass fechados, como as florestas tropicais, são os que apresentam as maiores variações na biomassa, portanto demandam que se obtenham estimativas mais exatas e precisas de sua biomassa, a fim de melhorar o entendimento do papel das florestas no ciclo global do carbono. Brown et al. (1989) acreditam que estimativas de biomassa com base em inventários florestais volumétricos propiciam ótima oportunidade de melhorar as estimativas de biomassa acima do solo, porque as informações de volumes oriundas de inventários florestais são abundantes e geralmente coletadas em grandes áreas, usando métodos planejados para representar a população de interesse.

A preocupação com o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera propiciou, na década de 1970, o aparecimento do conceito de compensação de emissões de CO₂ (COSTA, 1998).

Pelo exposto, contata-se a necessidade de realizar estudos para obter estimativas mais exatas e precisas da biomassa e da quantidade de carbono armazenado, bem como para verificar os erros que possam ser cometidos.

O objetivo do presente trabalho foi demonstrar na prática as fontes e os níveis de erros nas estimativas de biomassa e carbono fixado, utilizando: equação ajustada para uma área de trabalho; equação ajustada e corrigida (correção da discrepância logarítmica pela fórmula proposta por Baskerville, 1972); e equação consolidada e de uso da comunidade científica desenvolvida por Brown et al. (1989), como também demonstrar a utilização, nessas equações, da estimativa da quantidade de carbono fixado, utilizando os teores reais e o teor médio (0,50).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma área de Floresta Ombrófila Mista com 1.800 ha, situada no município de General Carneiro, Estado do Paraná, Região Sul do Brasil.

Os dados de biomassa foram coletados no campo, utilizando-se o método destrutivo de quantificação. Para tanto, foram abatidas 153 árvores de 38 espécies, com diâmetros à altura do peito variando de 5 a 90 cm e altura total variando de 5 a 30 m.

Em todos os indivíduos derrubados foram obtidas as variáveis dendrométricas. Depois do abate de cada árvore, seus diversos componentes foram amostrados. Essas amostras foram pesadas no campo, em balança mecânica com precisão de 0,1 g, para determinação do teor de umidade e de carbono.

A amostragem dos ramos aciculados (*grinpas*) da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze foi feita na ponta, no meio e na base da copa. Para os galhos adotou-se o mesmo procedimento, retirando-se amostras com casca na extremidade, no meio e na base dos galhos. As amostras de casca do tronco foram retiradas na base, à meia altura e na ponta da árvore, nos mesmos locais de onde foram retirados os discos para amostragem da madeira. A quantificação do peso total da casca foi feita pelo uso de relações de fator

de casca. Quanto à madeira do fuste, essa foi seccionada e pesada diretamente em balança com capacidade para 300 kg. Após a amostragem os galhos foram removidos para coleta e pesagem dos ramos aciculados, e depois de separados, foram pesados.

Após a pesagem e a amostragem dos diversos componentes das árvores, estes foram levados para o laboratório e secos em estufa de renovação e circulação de ar a uma temperatura constante de 75 °C até atingir peso constante, para posterior determinação de peso seco e preparo para análise química do teor de carbono orgânico.

As análises do teor de carbono orgânico no tecido vegetal foram executadas de acordo com a metodologia proposta por Tedesco (1995).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a obtenção e tabulação de todos os dados, foi realizado o ajuste da equação de regressão para estimativa da biomassa total. Com o objetivo de validar a equação ajustada, foram separadas 33 árvores, representativas de toda a amplitude diamétrica e altimétrica existente nas 153 árvores disponíveis, restando, portanto, 120 indivíduos, que foram usados no ajuste.

Nas Figuras 1 e 2, observam-se os gráficos da relação entre a biomassa total de cada árvore e o diâmetro à altura do peito, elaborados para determinar a amplitude e a forma da relação entre as variáveis, bem como para obter uma estimativa inicial da homogeneidade da variância condicional.

O cálculo das variâncias da biomassa por classes de diâmetros revelou existir aumento na sua magnitude à medida que as árvores aumentam de tamanho, indicando que o uso de uma transformação logarítmica seria apropriada para corrigir essa heterogeneidade das variâncias. Diante disto, o modelo ajustado foi:

$$Y = bD^2H^a$$

ou na forma logarítmica:

$$LN(Y) = LN b + a LN(D^2H)$$

A equação ajustada resultante foi:

$$\hat{Y} = \exp [-3,255172 + 0,93907 LN(D^2H)]$$

$$n = 120 \quad R^2 = 0,90 \quad S_{yx} = 0,480$$

Uma vez ajustada a equação, foi feita a análise gráfica dos resíduos, conforme pode ser observado na Figura 3.

Para cada uma das 33 árvores separadas para aferição da equação ajustada, foram calculadas a estimativa da biomassa total pela equação ajustada, a estimativa da biomassa corrigida da discrepância logarítmica pela fórmula proposta por Baskerville (1972) e a

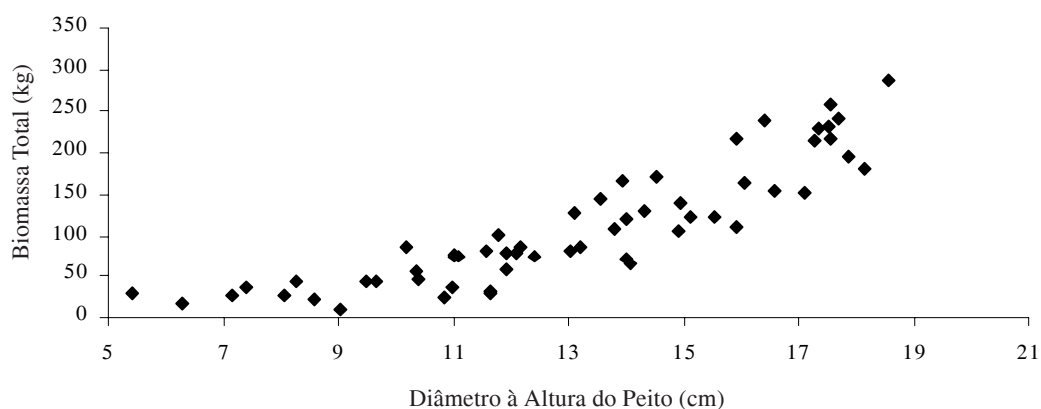


Figura 1 – Distribuição da biomassa total acima do solo, em kg, e dos diâmetros à altura do peito menores que 20 cm.

Figure 1 – Distribution of total dry biomass above-ground, in kg, and diameters at breast height less than 20 cm.

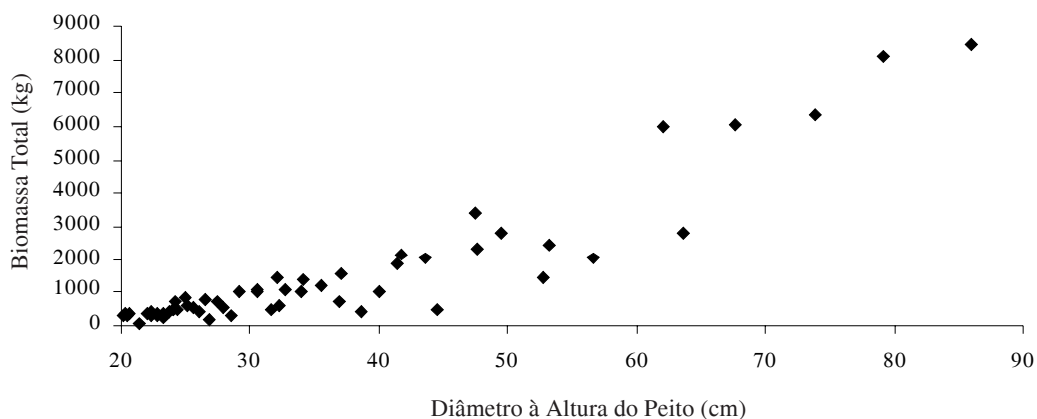


Figura 2 – Distribuição da biomassa total acima do solo, em kg, e dos diâmetros à altura do peito maiores que 20 cm.

Figure 2 – Distribution of total dry biomass above ground, in kg, and diameters at breast height greater than 20 cm.

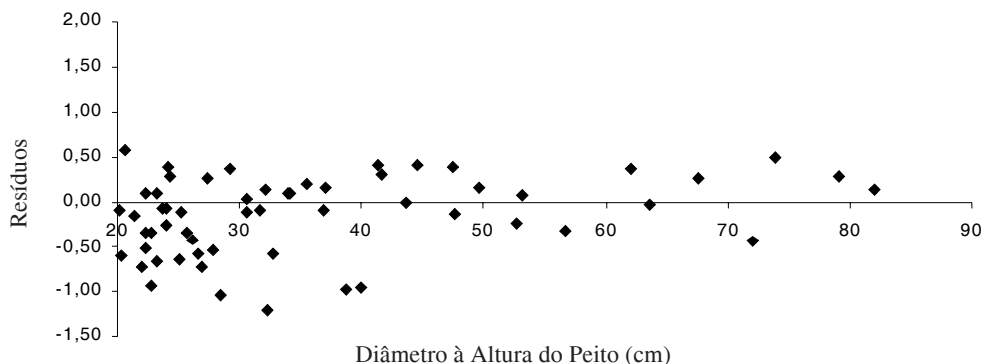


Figura 3 – Distribuição dos resíduos da equação de regressão ajustada para estimar a biomassa total.
Figure 3 – Residual distribution for the adjusted equation for estimating total dry biomass.

estimativa da biomassa total pela equação proposta por Brown et al. (1989), cujos resultados estão no Quadro 1.

Ao somar a biomassa total acima do solo medida nas 33 árvores usadas para aferição da equação ajustada, obtém-se um valor de 5.040 kg. Tomando esse valor como base de comparação, tem-se que a soma das estimativas obtidas com o antilogaritmo do valor estimado pela equação ajustada fornece o valor de 3.913 kg (22% inferior), que a soma das estimativas obtidas pela equação ajustada corrigidas da discrepância logarítmica totaliza 4391 kg (13% inferior) e que a soma das estimativas fornecidas pela equação proposta por Brown et al. (1989) fornece o valor de 6.404 kg (27% superior).

Desses resultados, fica evidente que o uso da correção da discrepância logarítmica aproxima de forma significativa as estimativas obtidas por meio da equação ajustada do valor real medido no campo, enquanto o uso de uma equação ajustada para outras condições leva a valores consideravelmente diferentes dos medidos.

O conteúdo de carbono armazenado em diferentes partes da árvore é obtido pela multiplicação do valor da biomassa da porção considerada por um valor que representa o teor de carbono existente.

No Quadro 2 está o total de carbono armazenado nas 33 árvores utilizadas para aferição da equação ajustada, obtido de três formas diferentes. Na primeira, o total foi obtido ao multiplicar a biomassa medida de cada porção da árvore pelo teor de carbono determinado correspondente, somando-se os resultados obtidos. Na segunda, foi utilizado um valor fixo de 0,50 como o teor de carbono presente, valor este amplamente usado em diversos trabalhos que reportam quantidades de carbono armazenado. Na terceira, as estimativas fornecidas pela equação de Brown et al. (1987) também foram multiplicadas pelo fator 0,50. No Quadro 2 estão os valores, em dólares americanos, de cada uma das 33 árvores, tomando-se por base US\$ 3,50 por tonelada de carbono armazenado.

Na análise dos resultados totais obtidos para a quantidade de carbono armazenada observa-se que, quando se utiliza um valor de 0,50 para o teor de carbono, o total resultante para as 33 árvores usadas é 20% maior que o do obtido pela soma das partes com seus respectivos teores e 53% maior quando esse valor é aplicado nas estimativas obtidas pelo uso da equação de Brown et al. (1987). Em termos econômicos, o valor total em dólares americanos é diretamente proporcional às diferenças encontradas, perfazendo um aumento de US\$ 3,89 no valor comercial do total da biomassa das árvores.

Quadro 1 – Biomassa total acima do solo, em kg, medida no campo e estimada pela equação ajustada, com a discrepância logarítmica corrigida e estimada pela equação proposta por Brown et al. (1989), para 33 árvores pertencentes à área amostrada

Table 1 – Total dry biomass above-ground, in kg, measured in the field, estimated by the adjusted equation corrected for logarithmic discrepancy and estimated by the equation proposed by Brown et al. (1989), for 33 trees the in sampled area

Nº	DAP (cm)	Altura Total (m)	Biomassa Total (kg)			
			Medida no Campo	Equação Ajustada	Estimativa Corrigida	Equação de BROWN ⁽¹⁾
1	6,59	7,80	8,52	9,16	10,28	13,53
2	7,03	7,37	10,38	9,82	11,02	14,55
3	8,79	8,03	24,96	16,16	18,13	24,35
4	9,55	8,37	40,89	19,65	22,05	29,82
5	10,35	7,30	11,51	20,08	22,54	30,50
6	10,66	10,90	41,05	30,98	34,77	47,76
7	11,46	10,30	34,33	33,62	37,74	51,99
8	12,10	12,50	36,12	44,64	50,10	69,71
9	12,64	9,50	54,80	37,45	42,03	58,13
10	13,53	11,64	42,70	51,51	57,81	80,85
11	13,85	13,60	78,54	62,28	69,90	98,40
12	14,01	9,60	73,39	45,88	51,49	71,72
13	14,77	11,10	69,42	58,10	65,20	91,57
14	15,28	11,50	57,82	64,01	71,84	101,23
15	15,60	15,64	48,27	88,81	99,67	142,07
16	16,30	10,00	33,18	63,37	71,12	100,18
17	17,19	13,90	62,55	95,42	107,09	153,02
18	17,51	10,20	84,89	73,85	82,88	117,38
19	18,27	9,00	83,48	71,15	79,85	112,93
20	19,51	14,30	114,56	124,34	139,55	201,26
21	20,37	13,25	178,79	125,51	140,86	203,21
22	21,96	18,46	164,77	197,37	221,50	324,65
23	22,28	10,80	187,12	122,57	137,56	198,29
24	22,31	17,00	194,16	188,18	211,19	309,03
25	23,27	13,30	339,45	161,68	181,45	264,10
26	24,06	14,84	237,00	190,88	214,22	313,62
27	25,46	13,20	159,49	190,17	213,43	312,41
28	26,36	12,70	444,41	195,64	219,56	321,71
29	27,57	9,90	214,00	168,45	189,05	275,56
30	32,63	14,90	495,79	339,39	380,89	568,96
31	33,87	17,00	752,36	412,04	462,42	695,44
32	33,74	17,60	472,97	422,68	474,36	714,03
33	24,99	12,77	188,13	177,91	199,66	291,59
TOTAL			5.039,79	3.912,78	4.391,22	6.403,53

⁽¹⁾ $\hat{Y} = \exp \{-3,1141 + 0,9719 \ln(D^2H)\}$

Quadro 2 – Biomassa total acima do solo, em kg, medida no campo; quantidade de carbono armazenado quantificado, estimado pela equação ajustada e pela equação proposta por Brown et al. (1987); e valor em dólares americanos para as quantidades estimadas

Table 2 – Total dry biomass above ground, in kg, measured in the field amount of stored carbon determined, estimated by the adjusted equation and equation proposed by Brown et al. (1987)

Nº	DAP (cm)	Altura Total (m)	Biomassa Total Medida (kg)	Carbono Armazenado			Valor		
				Quantificado (kg)	Estimado Fator 0,50 (kg)	BROWN Fator 0,50 (kg)	Quantificado (US\$)	Estimado Fator 0,50 (US\$)	BROWN Fator 0,50 (US\$)
1	6,59	7,80	8,52	3,36	4,26	6,77	0,0118	0,0149	0,0237
2	7,03	7,37	10,38	4,20	5,19	7,27	0,0147	0,0182	0,0255
3	8,79	8,03	24,96	5,66	12,48	12,18	0,0197	0,0437	0,0426
4	9,55	8,37	40,89	16,68	20,45	14,91	0,0584	0,0716	0,0522
5	10,35	7,30	11,51	4,72	5,76	15,25	0,0165	0,0201	0,0534
6	10,66	10,90	41,05	17,28	20,53	23,88	0,0605	0,0718	0,0836
7	11,46	10,30	34,33	13,69	17,17	26,00	0,0479	0,0601	0,0910
8	12,10	12,50	36,12	14,65	18,06	34,85	0,0513	0,0632	0,1220
9	12,64	9,50	54,80	22,45	27,40	29,06	0,0786	0,0959	0,1017
10	13,53	11,64	42,70	17,88	21,35	40,42	0,0626	0,0747	0,1415
11	13,85	13,60	78,54	32,67	39,27	49,20	0,1143	0,1374	0,1722
12	14,01	9,60	73,39	29,87	36,70	35,86	0,1045	0,1284	0,1255
13	14,77	11,10	69,42	27,66	34,71	45,78	0,0968	0,1215	0,1602
14	15,28	11,50	57,82	22,58	28,91	50,61	0,0790	0,1012	0,1772
15	15,60	15,64	48,27	19,90	24,14	71,03	0,0696	0,0845	0,2486
16	16,30	10,00	33,18	13,08	16,59	50,09	0,0458	0,0581	0,1753
17	17,09	8,70	62,55	26,12	31,28	76,51	0,0914	0,1095	0,2678
18	17,51	10,20	84,89	35,37	42,45	58,69	0,1238	0,1486	0,2054
19	18,27	9,00	83,48	34,16	41,74	56,47	0,1196	0,1461	0,1976
20	19,51	14,30	114,56	48,39	57,28	100,63	0,1694	0,2005	0,3522
21	20,37	13,25	178,79	74,84	89,40	101,61	0,2619	0,3129	0,3556
22	21,96	11,00	164,77	67,79	82,39	162,33	0,2373	0,2883	0,5681
23	22,28	10,80	187,12	76,61	93,56	99,14	0,2681	0,3275	0,3470
24	22,31	17,00	194,16	81,73	97,08	154,51	0,2860	0,3398	0,5408
25	23,27	13,30	339,45	135,64	169,72	132,05	0,4747	0,5940	0,4622
26	24,06	14,84	237,00	98,82	118,50	156,81	0,3459	0,4148	0,5488
27	25,46	13,20	159,49	66,02	79,75	156,21	0,2311	0,2791	0,5467
28	26,36	12,70	444,41	185,47	222,21	160,86	0,6491	0,7777	0,5630
29	27,57	9,90	214,00	83,78	107,00	137,78	0,2932	0,3745	0,4822
30	32,63	14,90	495,79	198,88	247,90	284,48	0,6961	0,8676	0,9957
31	33,87	17,00	752,36	330,54	376,18	347,72	1,1569	1,3166	1,2170
32	33,74	17,60	472,97	200,57	236,49	357,02	0,7020	0,8277	1,2496
33	24,99	12,77	188,13	81,57	94,07	145,79	0,2855	0,3292	0,5103
TOTAL			5.039,79	2.092,57	2.519,90	3.201,77	7,32	8,82	11,21

4 CONCLUSÃO

Com a ratificação do Protocolo de Kyoto o comércio de créditos de carbono já é uma realidade, e muito em breve a pressão por soluções para os problemas existentes nos processos de medição e de análise de seqüestro de carbono aumentará proporcionalmente com o aumento do volume do comércio.

Diferentes tipos florestais produzem diferentes quantidades de biomassa, portanto deve-se tomar cuidado no uso de equações obtidas para tipos florestais e condições diferentes daqueles que estarão sendo estimados.

As estimativas de armazenamento de carbono devem priorizar as medições da biomassa no campo, pois se forem determinadas com exatidão asseguram estimativas mais precisas das quantidades de carbono acumulado.

O ideal é ter um modelo matemático para cada tipo florestal e para cada sítio, devendo ser ressaltado que para o caso de estudos de mudanças climáticas a prioridade deve ser dada às áreas mais sujeitas às intervenções, levando-se em consideração que a amostragem destrutiva deve ser realizada em locais representativos e sem tendenciosidade.

É importante salientar que a utilização de modelos matemáticos é válida somente para as condições estudadas e consideradas, pois os resultados podem variar entre os diferentes tipos de vegetação, bem como para outros métodos de determinação das variáveis (biomassa e carbono orgânico).

REFERÊNCIAS

BASKERVILLE, G. L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 2, n. 49, p. 49-53, 1972.

BROWN, S. G.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, J. R. A. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v. 4, n. 35, p. 881-902, 1989.

BROWNLEE, K. A. **Statistical theory and methodology in science and engineering**. New York: John Wiley, 1967. 400 p.

COSTA, P. M. Breve história da evolução dos mercados de carbono. **Silvicultura**, n. 76, p. 24-32, 1998.

FEARNSIDE, P. M. Biomassa das florestas amazônicas brasileiras. In: EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p. 95-124.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 1994. p. 125-145.

HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. In: EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 1994. p. 38-76.

KOHLMAIER, G. H.; WEBER, M.; HOUGHTON, R. A. **Carbon dioxide mitigation in forestry and wood industry**. Berlin: Springer, 1998. 375 p.

MARTINELLI, L. A. et al. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais: o exemplo de uma floresta situada no estado de Rondônia. In: EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 1994. p. 198-221.

RAMIREZ, O. R. et al. Implicaciones económicas del secuestro del CO₂ en bosques naturales. **Revista Forestal Centroamericana**, n. 27, p. 10-22, 1999.

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

SANQUETTA, C. R. et al. Relações individuais de biomassa e conteúdo de carbono em plantações de *Araucaria angustifolia* e *Pinus Taeda* no sul do estado do Paraná, Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2., 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001. p. 415-427.

SEGURA, M. et al. Almacenamiento y fijación de carbono en bosques de bajura de la zona atlántica de Costa Rica, Turrialba. **Revista Forestal Centroamericana**, n. 27, p. 23-28, 1999.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos/Faculdade de Agronomia, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

ZAR, J. H. Calculation and miscalculation of the allometric equation as a model in biological data. **BioSci**, n. 18, p. 1118-1120, 1968.

WOOMER, P. L.; PALM, C. A. An approach to estimating carbon stocks in tropical forests and associated land uses. **Commonwealth Forestry Review**, v. 77, n. 3, p. 181-190, 1998.