

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica

*Lucilia Maria Parron
Junior Ruiz Garcia
Edilson Batista de Oliveira
George Gardner Brown
Rachel Bardy Prado
Editores Técnicos*

Embrapa
Brasília, DF
2015

Carbono de biomassa em floresta nativa e sistemas florestais como indicador de serviços ambientais

Denise Jeton Cardoso, Lucilia Maria Parron, Luziane Franciscon

Resumo: A quantidade de carbono sequestrado por uma determinada cobertura vegetal constitui-se em um importante indicador de serviço ambiental. Embora o total armazenado no solo seja proporcionalmente muito maior que o encontrado na biomassa aérea e de raízes, a quantidade de carbono de árvores em plantios ou em floresta natural é sempre muito maior que a encontrada em culturas agrícolas. Neste sentido, a implantação de sistemas agroflorestais contribui muito para o aumento da armazenagem de carbono. No entanto, a quantificação de carbono nestes sistemas ainda é incipiente. Este capítulo apresenta os métodos utilizados para avaliar estoques de carbono na vegetação e compara estoques de carbono em sistemas florestais nativos e plantados, a partir da literatura disponível. Os valores médios compilados permitem estabelecer comparativos para compor a valoração do serviço ambiental “sequestro de carbono”. Contudo, a precisão na quantificação de carbono de biomassa, em diferentes tipos de cobertura arbórea, está sujeita a diferentes critérios e metodologias, bem como ao estágio de desenvolvimento de uma floresta nativa. No caso de plantações florestais e sistemas agroflorestais, a amplitude de variação da quantidade de carbono depende também da idade, da espécie, do espaçamento de plantio e do regime de manejo adotado.

Palavras chave: sistemas agroflorestais; componente arbóreo; metodologias.

Carbon stored in forest biomass in native forests and forest plantations as an indicator of ecosystem services

Abstract: *The amount of carbon sequestered by a particular plant cover is an important indicator of ecosystem services. Although the total carbon stored in the soil is proportionally much greater than that found in the shoot and root biomass, the amount of carbon in forest plantations or natural forests is always much higher than in agricultural crops. In this sense, the implementation of agroforestry systems can greatly contribute to increased carbon storage. However, the quantification of carbon in these systems is still in its early stages. This chapter presents a review of the methods used to assess carbon stock in vegetation and compares available data in the literature on carbon stock in native and planted forest systems. From the average values, we establish comparisons which enable the valuation of “carbon sequestration” as an ecosystem service. However, the accuracy of carbon quantification in the biomass of different types of tree cover depends on varying criteria and methodologies, as well as the stage of development of the native forest. In the case of forest plantations and agroforestry systems, the wide range of values of stored carbon is also related to age, species, and the planting and management regime.*

Keywords: *agroforestry systems; tree biomass; carbon quantification methodologies.*

1. Introdução

Serviços ambientais referem-se não somente aos serviços que tratam dos benefícios ao homem derivados de ecossistemas naturais, como também dos benefícios associados a diferentes tipos de gestão ativa de ecossistemas, por exemplo, práticas de agricultura sustentável e de gestão de paisagens rurais (MURADIAN et al., 2010).

A capacidade das florestas de absorver carbono do dióxido de carbono atmosférico está entre os serviços que regulam as condições ambientais. As plantas absorvem carbono do CO₂ atmosférico, através da fotossíntese. Nas florestas em crescimento, o montante de carbono sequestrado aumenta, estabilizando quando elas chegam à maturidade (BRASIL, 2012).

No Brasil, em um hectare de floresta são armazenados cerca de 121 Mg.ha⁻¹ de carbono, o que representa 62,6 x 10⁶ Mg de carbono armazenado na biomassa em 2010. No entanto, uma taxa anual de decréscimo de 270 x 10³ Mg de carbono de biomassa ocorreu entre 2000 e 2010 no Brasil (FAO, 2011).

Com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre a quantidade de carbono absorvida por florestas nativas e por sistemas produtivos que contêm árvores, o capítulo apresenta os métodos utilizados para avaliar estoques de carbono na vegetação e compara estoques de carbono em sistemas florestais nativos e plantados, a partir da literatura disponível. A compilação dos dados aborda o serviço ambiental “sequestro de carbono” nas classes de uso do solo entendidas como cobertura florestal¹. O estudo é também parte do projeto ServiAmbi (PARRON et al., 2013), descrito no Capítulo 2.

Para efeito comparativo, buscou-se a quantificação do carbono de biomassa em três tipos de cobertura que contêm o componente arbóreo: floresta nativa, plantação florestal e sistema agroflorestal. A finalização do trabalho deverá contemplar os resultados nos diferentes usos do solo, que serão utilizados em procedimentos de valoração econômica.

2. Biomassa e carbono

O termo biomassa significa “massa de matéria de origem biológica, viva ou morta, animal ou vegetal”. Biomassa florestal se refere à toda biomassa existente na floresta ou apenas na fração arbórea. O termo fitomassa é também

utilizado para especificar que se trata de biomassa vegetal (SANQUETTA, 2002).

Segundo Birdsey (2006), a quantificação da biomassa de ecossistemas florestais deve levar em consideração quatro reservatórios de carbono: biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, serapilheira e necromassa.

A biomassa acima do solo inclui tronco, galhos, sementes, folhas, vegetação rasteira, arbustos e gramíneas, enquanto a biomassa abaixo do solo inclui as raízes vivas, exceto as muito finas de diâmetro inferior a 2 mm porque se misturam com a matéria orgânica do solo.

Serapilheira é o material fino encontrado no chão da floresta, composto por folhas, flores, sementes e galhos com diâmetro inferior a 2 cm. Este material pode apresentar quantidade bastante heterogênea, conforme a época do ano e a localização das parcelas, por isso, há necessidade de se adotar intensidade amostral alta.

A necromassa refere-se ao material lenhoso de diferentes tamanhos e tipos, incluindo toras, nós, pedaços de madeira, grandes galhos e raízes grossas (NEWTON, 2008). É o material, caído no chão da floresta, que não faz parte da serapilheira. Inclui também o material pendurado em árvores ou árvores mortas em pé, com diâmetro superior a 2 cm.

Os tecidos vivos das plantas, em geral, contêm cerca de 45 a 50% de carbono (SCHLESINGER, 1997) e para fins de quantificação de carbono, considera-se que 47% da biomassa seca são compostos de carbono (EGGELSTON et al., 2006).

A conversão da vegetação natural em áreas agrícolas e florestais comerciais, em geral, resulta em uma rápida perda de carbono orgânico do solo, em decorrência da combinação entre calor e umidade, o que facilita a decomposição, e, também, resultante do constante revolvimento do solo, o que contribui para acelerar a oxidação do carbono orgânico (CASTRO FILHO et al., 1991).

Neves et al. (2004) avaliaram o estoque de carbono do solo nos sistemas agrossilvipastoril, pastagem e eucalipto sob o cultivo convencional no estado de Minas Gerais. Os maiores valores de estoque de carbono no solo ocorreram no campo nativo e na plantação de eucalipto convencional, seguido pela pastagem convencional. No sistema agrossil-

¹ Eggleston et al. (2006) consideram que o termo floresta se refere a uma área de terra com um tamanho mínimo de 0,5 a 0,1 hectare, cuja cobertura pelas árvores é maior do que 10 % e as árvores têm potencial para atingir altura mínima de 5 m quando maduras.

vipastoril, houve uma queda acentuada nos primeiros anos (eucalipto + arroz e eucalipto + soja), que são os sistemas mais jovens, onde a taxa de adição de resíduos orgânicos é baixa, havendo revolvimento do solo em relação ao sistema em equilíbrio (campo nativo), com uma tendência de recuperação nos anos seguintes.

A partir da quantificação do carbono de biomassa florestal, em formação natural ou plantada, em comparação com outros usos sem o componente arbóreo, pode-se avaliar o efeito de árvores para a redução de emissão de CO₂, em função do aumento do percentual de carbono e nitrogênio no solo. Pode-se também avaliar o custo evitado da inserção de nutrientes, em um sistema que inclui árvores.

3. Método para quantificação da biomassa

A quantificação de biomassa florestal pode ser realizada por método direto ou indireto. O método direto consiste no corte das plantas e quantificação de todo o material vegetal produzido em determinada unidade de área, sendo depois extrapolado para toda a área em estudo. Este é mais indicado para vegetação herbácea ou arbustiva, em que é difícil estabelecer outro tipo de quantificação.

O método indireto consiste em se estimar por equações alométricas existentes na literatura, que relacionam variáveis de fácil obtenção em árvores, como diâmetro à altura do peito (DAP), altura e densidade da madeira com biomassa seca ou quantidade de carbono. Brown (1997); Higa et al. (2014); Pearson et al. (2005), entre outros, apresentam equações que podem ser utilizadas com sucesso e que, portanto, evitam a derrubada de árvores para a quantificação de biomassa, uma vantagem indiscutível, especialmente em floresta nativa.

O uso de equações alométricas requer medições, por meio de amostragem. Em cada área são instaladas parcelas, onde são medidos os diâmetros (DAP) e as alturas das árvores, bem como são contadas as mudas de árvores até 1,30 m de altura em sub-parcelas menores dentro da parcela.

Os dados de DAP e altura coletados na amostragem são aplicados a equações alométricas para quantificar a biomassa seca e o carbono em cada tipo de uso e cobertura da terra. Excepcionalmente, para os sistemas agroflorestais ou silvipastoris, não existem equações alométricas específicas ou os estudos são ainda recentes. Assim, devem ser selecionadas equações ajustadas com

árvores de plantios puros que melhor se adaptem a estas condições.

A quantificação de biomassa de raízes por método direto, ou seja, a partir da pesagem de todo o material de uma amostra, requer a realização de procedimentos em campo exaustivos, apresentando custo elevado e que podem não representar adequadamente a heterogeneidade existente em uma floresta. Por isso, em geral, opta-se por estimar a biomassa de raízes por equações ou pela relação biomassa aérea/biomassa de raiz conhecida de levantamentos disponíveis na literatura.

Cairns et al. (1997), por exemplo, obtiveram um valor médio da razão raiz sobre parte aérea de 0,26, variando entre 0,18 e 0,30. Em regiões de clima temperado, especificamente, a média é a mesma, porém com variação entre 0,22 e 0,28. A latitude, textura do solo e tipo de árvore (angiosperma ou gimnosperma) não influenciaram os resultados significativamente. A partir deste estudo, Tiepolo et al. (2002) consideraram uma razão raiz/parte aérea de 0,20, por representar o menor intervalo de confiança a 95% para florestas tropicais e por ser mais conservador em relação ao resultado médio de Cairns et al. (1997).

A amostragem de serapilheira é feita, usualmente, com moldura quadrada de madeira, metal ou PVC, lançada aleatoriamente sobre o chão da floresta, por cerca de 10 vezes, próximo ao local da parcela de medição de biomassa aérea. Todo o material contido nos limites da moldura é pesado e sub-amostras são levadas ao laboratório para secagem até o peso constante, para determinação do peso seco (PEARSON et al., 2005).

A coleta de serapilheira deve ser realizada sempre na mesma época do ano, para efeitos comparativos, pois ocorre variação de produção, conforme relatado por Borem e Ramos (2002) e Silva et al. (2009), com maior produção no período de seca.

A amostragem de necromassa pode ser realizada por diferentes métodos, conforme discutido por Newton (2008). No entanto, o método que gera resultados melhores e mais viáveis operacionalmente é o de amostragem por transectos. Neste método, a linha amostral é um plano vertical, onde são medidos os diâmetros de todos os fragmentos de madeira que ocorreram em interseção ao plano e é classificado o seu nível de degradação. O cálculo do volume é feito pela fórmula apresentada por Van Wagner (1968):

$$V = \left(\frac{\pi^2}{8 \times L} \right) \times \sum_{i=1}^n d^2$$

em que:

V = volume para o transecto, por unidade de área;

d = diâmetro de um fragmento de necromassa;

L = comprimento do transecto;

n = número de fragmentos ou toras encontrados no transecto.

Portanto, o volume de necromassa por unidade de área é dado pelo somatório dos diâmetros medidos ao longo do comprimento do transecto adotado na amostragem, conforme detalhado por Cardoso et al. (2013).

A estimativa da necromassa (W) em Mg.ha⁻¹ é obtida com a multiplicação do volume pela densidade básica do material (D) em Mg.m⁻³ (VAN WAGNER, 1982):

$$W = D \times \left(\frac{1,234}{L} \right) \times \sum_{i=1}^n d^2$$

4. Resultados de quantificação de biomassa aérea

Em plantações florestais e em sistemas agroflorestais, a quantidade de carbono estocada na biomassa acima do solo depende da espécie plantada, do espaçamento de plantio, das práticas silviculturais adotadas (poda e desbaste) e das condições edafoclimáticas. De forma similar, em florestas nativas a quantidade de carbono de biomassa está diretamente relacionada à tipologia, à região fitoecológica e ao estágio sucessional. Assim, como exemplo, são apresentados na Tabela 1 alguns resultados obtidos nas regiões sul e sudeste do Brasil, publicados e em fase de elaboração.

Em Floresta Ombrófila Mista, Brites et al. (2006) apresentaram resultados de estudos realizados nos três estados da região sul, chegando a uma média de biomassa acima do solo de 97 Mg C.ha⁻¹, com valor mínimo de 29 Mg C.ha⁻¹ e máximo de 176 Mg C.ha⁻¹. Segundo os autores, esta média representa a condição de uma área intensamente explorada no passado.

Segundo Cunha et al. (2009), a razão serapilheira sobre parte aérea para a Floresta Ombrófila Densa Montana é de 0,053. Este estudo estimou de 1,7 a 1,8% do carbono

na serapilheira, de 32,4 a 33,8% na parte aérea e de 64,4 a 65,8% no solo, no intervalo de 0 a 80 cm de profundidade, em Cambissolo Háplico Tb distrófico.

Para Floresta Ombrófila Mista Montana, Caldeira et al. (2007) observaram que o acúmulo médio de serapilheira foi de 7,99 Mg.ha⁻¹, o que representa 2,8% em relação à biomassa total, que foi de 280,73 Mg.ha⁻¹. A quantidade de carbono na serapilheira neste estudo foi de 3,0 Mg.ha⁻¹, semelhante ao estimado para a região de Ponta Grossa (3,7 Mg.ha⁻¹), se aplicado o percentual de 2,8%, sobre a biomassa aérea total².

A quantidade de carbono em reflorestamentos de eucalipto varia muito em função da espécie, da idade da plantação e do espaçamento de plantio. Paixão et al. (2006) obtiveram 47,7 Mg.ha⁻¹ de carbono na parte aérea, 14,7 Mg.ha⁻¹ nas raízes e 8,7 Mg.ha⁻¹ na serapilheira, em uma plantação de *Eucalyptus grandis* aos 6 anos de idade em Viçosa, MG. Neste trabalho, a manta orgânica e as raízes contribuíram em média com 12,2 e 20,7% do estoque de carbono, respectivamente.

Em sistemas agroflorestais, que integram árvores com cultura agrícola e/ou produção animal, pode haver maior potencial de sequestro de carbono se comparado a áreas com pastagem ou com culturas agrícolas, pois as árvores produzem mais biomassa aérea, bem como há maior sequestro de carbono do solo (NAIR et al., 2009). Tal expectativa foi confirmada por Ávila et al. (2001) e Miranda et al. (2007), que relataram maior armazenamento de carbono em sistemas silvipastoris do que em sistemas de monocultivo de pastos.

Segundo Albrecht e Kandji (2003), o potencial de sequestro de C em sistemas agroflorestais tropicais é de 95 Mg C ha⁻¹, variando entre 12 e 228 Mg C ha⁻¹. Dependendo de sua estrutura e função, que são determinados por fatores ambientais e sócio-econômicos; outros fatores seriam as espécies das árvores e o regime de manejo. Henry et al. (2009) salientam que a variabilidade no sequestro de C é alta dentro de agroecossistemas complexos, devido a fatores como a idade e estrutura da vegetação, as práticas de gestão, o tipo de uso e cobertura da terra e a configuração da paisagem.

No Brasil, Muller et al. (2009) relataram um resultado de 14,29 Mg ha⁻¹ de carbono de biomassa em sistema silvipastoril com plantio de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*, aos 10 anos de idade na zona da Mata Mineira, município de Coronel Pacheco.

Tabela 1. Quantidade de carbono por reservatório e por uso do solo com o componente arbóreo.

Local	Sistema florestal	Fitofisionomia ou Espécie - idade	Carbono (Mg.ha ⁻¹)	Fonte		
Acima do solo	Árvores	Floresta nativa	Floresta Ombrófila Mista (FOM)	97,0	Britez et al. (2006)	
		Floresta nativa	FOM secundária	133,7	²	
		Plantio puro	E. grandis - 6 anos	47,7	Paixão et al. (2006)	
			E. dunnii com rebrota	95,7	²	
		Sistema agroflorestal	E. grandis e acácia - 10 anos	14,3	Muller et al. (2009)	
			E. viminalis e G. robusta - 6 anos	24,2	²	
	Serapilheira	Floresta nativa	FOM	3,0	Caldeira et al. (2007)	
			FOM secundária	3,7	² Calculado de Caldeira et al. (2007)	
		Plantio puro	E. grandis - 6 anos	8,7	Paixão et al. (2006)	
			E. dunnii com rebrota	-		
		Sistema agroflorestal	E. grandis e acácia - 10 anos	2,6	Calculado de Paixão et al. (2006)	
			E. viminalis e G. robusta - 6 anos	-		
	Necromassa	Floresta nativa	FOM	7,6	Calculado de Cardoso et al. (2012)	
			FOM secundária	6,9	²	
		Plantio puro	E. grandis - 6 anos	0,6	Calculado de 2	
			E. dunnii com rebrota	1,2	²	
		Sistema agroflorestal	E. grandis e acácia - 10 anos	1,3	Calculado de 2	
			E. viminalis e G. robusta - 6 anos	2,2	²	
	Abaixo do solo	raízes	Floresta nativa	FOM	25,2	Calculado de Cairns et al. (1997)
				FOM secundária	34,7	² Calculado de Cairns et al. (1997)
			Plantio puro	E. grandis - 6 anos	14,7	Paixão et al. (2006)
				E. dunnii com rebrota	29,5	² Calculado de Paixão et al. (2006)
			Sistema agroflorestal	E. grandis e acácia - 10 anos	4,4	Calculado de Paixão et al. (2006)
				E. viminalis e G. robusta - 6 anos	7,4	² Calculado de Paixão et al. (2006)
Total	Floresta nativa	FOM	132,5			
		FOM secundária	179,0			
	Plantio puro	E. grandis - 6 anos	71,7			
		E. dunnii com rebrota	126,4			
	Sistema agroflorestal	E. grandis e acácia - 10 anos	22,6			
		E. viminalis e G. robusta - 6 anos	33,8			

² Dados não publicados. Informações preliminares de avaliação de estoque de biomassa florestal na região de Ponta Grossa da pesquisadora Denise J. Cardoso, da Embrapa Florestas, em 15.09.2014.

5. Considerações finais

A quantificação adequada de carbono de biomassa para compor uma base de dados que vise a valoração do serviço ambiental “sequestro de carbono” deve sempre levar em consideração a escala do projeto. Para grandes áreas podem-se adotar valores obtidos na literatura e gerados em situações semelhantes. No entanto, pequenas áreas ou plantios com espécies arbóreas pouco conhecidas requerem estudos específicos. Em plantios puros e em sistemas agroflorestais, a idade, o arranjo espacial de plantio e as condições edafoclimáticas são características que contribuem para a heterogeneidade de resultados.

O plantio de árvores, em plantio puro ou em sistemas agroflorestais, deve contribuir para o aumento do armazenamento de carbono no solo, conforme abordado em capítulo específico desse livro. Os levantamentos nesses plantios devem ser realizados periodicamente, até se estabelecer uma base de dados que permita reconhecer a partir de que idade de plantio, o efeito da presença de árvores é positivo quanto ao acúmulo de carbono no solo.

Agradecimentos

Agradecemos as seguintes fontes pelo suporte e financiamento: Termo de Cooperação Técnica Embrapa-lapar nº. 21500.10/0008-2 e projeto Embrapa-MP2 nº. 02.11.01.031.00.01. Agradecemos a revisão do Abstract por Evelyn Nimmo.

Referências

ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 99, p. 15-27, 2003.

ÁVILA, G.; JIMÉNEZ, F.; BEER, J.; GÓMEZ, M.; IBRAHIM, M. Almacenamiento, fijación de carbono o y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. **Agroforestería en las Américas**, Turrialba, v. 8, n. 30, p. 32-35, 2001.

BIRDSEY, R. A. Carbon accounting rules and guidelines for the United States Forest Sector. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, p. 1518-1524, 2006.

BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 42- 59, 2002

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Pagamento por serviços ambientais na Mata Atlântica**: lições aprendidas e desafios. Brasília, DF, 2012. 275 p. (Biodiversidade, 42).

BRITEZ, R. M. de; BORGIO, M.; TIEPOLO, G.; FERRETTI, A.; CALMON, M.; HIGA, R. **Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na Floresta Atlântica do Sul do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas; Curitiba: Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental, 2006. 165 p.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change in tropical forests**: a primer. Rome: FAO, 1997. 55 p. (FAO. Forestry paper, 134).

CAIRNS, M. A.; BROWN, S.; HELMER, E. H.; BAUMGARDNER, G. A. Rootbiomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia**, Berlin, v. 111, n. 1, p. 1-11, 1997.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes: Floresta Ombrófila Mista Montana - Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CARDOSO, D. J.; VIBRANS, A. C.; LINGNER, D. V. Inventário da necromassa florestal caída no chão nos remanescentes florestais em Santa Catarina. In: VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L. de; LINGNER, D. V. (Ed.). **Inventário florístico florestal de Santa Catarina**. Blumenau: EDIFURB, 2012. v. 1. p. 217-227. Título do v. 1: Diversidade e conservação dos remanescentes florestais.

CARDOSO, D. J.; VIBRANS, A. C.; REZENDE, A. V.; FREITAS, J. V.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. de. Determinação do comprimento ótimo de transectos para estimativa de necromassa floresta. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 75, p. 317-325, jul./set. 2013. Nota Científica. DOI: 10.4336/2013.pfb.33.75.391

CASTRO FILHO, C.; HENKLAIN, J. C.; VIEIRA, M. J.; CASAO JUNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, n. 20, p. 271-283, 1991.



- CUNHA, G. de M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em Florestas Montanas da Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n. 33, p. 1175-1185, 2009.
- EGGLESTON, S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (Ed.). **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**: volume 4: agriculture, forestry, and other land use. Japan: IGES, 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>>. Acesso em: 15 set. 2014.
- FAO. **State of the World's Forest**. Rome, 2011. Disponível em <www.fao.org/docrep/013/i2000e/i2000e.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2014.
- HENRY, M.; TITTONELL, R. J.; MANLAY, R. J.; BERNOUX, M.; ALBRECHT, A.; VANLAUWE, B. Biodiversity, carbon stocks and sequestration potential in aboveground biomass in smallholder farming systems of western Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, n. 129, p. 238-252, 2009.
- HIGA, R. C. V.; CARDOSO, D. J.; ANDRADE, G.; ZANATTA, J. A.; ROSSI, L. M. B.; PULROLNIK, K.; NICODEMO, M. L.; GARRASTAZU, M. C.; VASCONCELOS, S.; SALIS, S. M. de. **Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 68 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 266).
- MIRANDA, T.; MACHADO, R.; MACHADO, H.; DUQUESNE, P. Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. Estudio de caso. **Pastos y Forrajes**, v. 30, n. 4, 2007.
- MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL, U.; KOSOY, N.; MAY, P. H. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, Amsterdam, n. 69, p. 1202-1208, 2010.
- MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; CASTRO, S. R. T. de; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. de F. Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 11-17, 2009. DOI: 10.4336/2009.pfb.60.11.
- NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbono sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weiheim, v. 172, p. 10-23, 2009.
- NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvipastoril, pastagem e Eucalipto sob cultivo convencional na região nordeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, set./out., 2004.
- NEWTON, A. C. **Forest ecology and conservation: a handbook of techniques**. Oxford: Oxford University Press, 2008. 454 p. (Techniques in ecology & conservation series).
- PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L. da; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. da. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 411-420, 2006.
- PARRON, L. M.; MAIA, C. M. B. de F.; CARDOSO, D. J.; OLIVEIRA, E. B. de; FRITZSONS, E.; BROWN, G. G.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. **Memórias da 1ª Oficina do Projeto ServiAmbi**: avaliação de indicadores e valoração de serviços ambientais em diferentes sistemas de uso da terra. Colombo: Embrapa Florestas, 2013. 32 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 250). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/974886/1/Doc.250ultimaversao.pdf>>.
- PEARSON, T.; WALKER, S.; BROWN, S. **Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects**. Washington, DC: Winrock International, World Bank, 2005. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/01/18009480/sourcebook-land-use-land-use-change-forestry-projects>>. Acesso em: 27 jan. 2015.
- SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F. dos S. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba, 2002. p. 119-140.
- SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry: an analysis of global change**. 2. ed. Amsterdam: Academic Press, 1997.

SILVA, C. J.; LOBO, F. A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 591-600, 2009.

TIEPOLO, G.; CALMON, M.; FERETTI, A. R. Measuring and monitoring carbon stocks at the Guaraqueçaba climate action project, Paraná, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST CARBON SEQUESTRATION AND MONITORING, 2002, Taipei, Taiwan. **Proceedings...** Taipei: Taiwan Forestry Research Institute, 2002. p. 98-115.

VAN WAGNER, C. E. **Practical aspects of the line intersect method**. Chalk River: Petawawa National Forestry Institute, Canadian Forestry Service, 1982. 18 p. (Information Report, PI-X-12).

VAN WAGNER, C. E. The line intersect method in forest fuel sampling. **Forest Science**, Lawrence, n. 14, p. 20-26, 1968.

