

# Estimativa de Acúmulo de Biomassa e Carbono em Sistema Agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira

Marcelo Dias Müller<sup>(1)</sup>, Elizabeth Nogueira Fernandes<sup>(1)</sup>, Carlos Renato Tavares de Castro<sup>(1)</sup>, Domingos Sávio Campos Paciullo<sup>(1)</sup> e Frederico de Freitas Alves<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, CEP 36038-330, Juiz de Fora-MG. E-mails: muller@cnppl.embrapa.br; nogueira@cnppl.embrapa.br; castro@cnppl.embrapa.br; domingos@cnppl.embrapa.br; <sup>(2)</sup>Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rholfs, s.n., Departamento de Engenharia Florestal, CEP 36570-000, Viçosa-MG. E-mail: fredufv@hotmail.com

**Resumo** - Com a criação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), foi gerado um amplo debate global sobre o potencial da silvicultura e da agrossilvicultura como atividades elegíveis para sequestro de carbono. O objetivo deste trabalho foi estimar o estoque de biomassa e carbono em um sistema silvipastoril misto com *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*, implantado na Zona da Mata Mineira. O sistema apresenta uma densidade de árvores de 105 plantas por hectare, sendo 60 árvores de eucalipto e 45 árvores de acácia. Para tanto, primeiramente, foi feita a quantificação do volume do fuste das árvores aos 10 anos de idade, por meio do ajuste de equações alométricas e a quantificação da biomassa residual média da pastagem durante o período de 4 anos. Para o eucalipto, foi estimado um total de 24,8 Mg.ha<sup>-1</sup> de biomassa e 11,17 Mg.ha<sup>-1</sup> de carbono, para a acácia foi estimado um total de 6,94 Mg.ha<sup>-1</sup> de biomassa e 3,12 Mg.ha<sup>-1</sup> de carbono, totalizando 31,74 Mg.ha<sup>-1</sup> de biomassa e 14,29 Mg.ha<sup>-1</sup> de carbono. Para o componente pastagem, foi estimado um acúmulo de 1,28 Mg.ha<sup>-1</sup> de biomassa e 0,58 Mg.ha<sup>-1</sup> de carbono somente no resíduo do pastejo.

**Termos para indexação:** Agrossilvicultura, serviços ambientais, *Eucalyptus grandis*, *Acacia mangium*.

## Estimate of Biomass and Carbon Storage by an Agrossilvipastoral System in the Zona da Mata Mineira

**Abstract** - The Clean Development Mechanism (CDM), generated a global debate about the silviculture and agrossilviculture potential as an eligible project-based activities reducing GHG emissions. This study aimed to estimate the amount of carbon and biomass storage in a mixed silvipastoral system with *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* at the Zona da Mata of Minas Gerais State. The system had a plant density of 105 plants per hectare which was 60 eucalyptus and 45 acacia. The stem volume of 10 year old trees was assessed using allometric equations and the residual mean pasture biomass was quantified. For the eucalyptus plants, the estimative of biomass and carbon were 24.8 Mg ha<sup>-1</sup> and 11.17 Mg.ha<sup>-1</sup>, respectively, while those for acacia were 6.94 Mg.ha<sup>-1</sup> and 3.12 Mg.ha<sup>-1</sup>. The total amounts was 31.74 Mg.ha<sup>-1</sup> of biomass and 14.29 Mg.ha<sup>-1</sup> of carbon. It was estimated that the pasture, considering only the residues of pasturing, accumulated 1.28 Mg.ha<sup>-1</sup> of biomass and 0.58 Mg.ha<sup>-1</sup> of carbon.

**Index terms:** Agrossilviculture, environmental services, *Eucalyptus grandis*, *Acacia mangium*.

### Introdução

O aumento desproporcional da concentração de gases efeito estufa (GEEs) na atmosfera no decorrer do último século, em função da atividade humana, tem levado a comunidade internacional a criar e estabelecer instituições e mecanismos voltados para a gestão deste problema. O mais importante desses mecanismos foi o Protocolo de Quioto, estabelecido em 1997, em Quioto, no Japão. Este protocolo definiu metas e prazos para a redução das emissões de GEEs por parte dos países

industrializados (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2008).

No Protocolo de Quioto, foram estabelecidos alguns mecanismos de flexibilização como uma forma de viabilizar a redução de emissões de GEE dos países desenvolvidos e industrializados.

Dentre estes mecanismos, o mais importante para os países em desenvolvimento é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este mecanismo permite que os países desenvolvidos financiem projetos de redução de emissões ou sequestro de carbono em

países em desenvolvimento, como forma de cumprir seus compromissos e, ao mesmo tempo, contribuir para o desenvolvimento sustentável dos países emergentes (JACOVINE et al., 2006).

Uma das formas aceitas dentro do MDL são os projetos relacionados a atividades que resultem em sequestro de carbono da atmosfera. Especialmente, dentre as atividades que resultam em sequestro de carbono, estão incluídas as atividades de Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Silvicultura (LULUCF) (*Land use, land use change and forestry*).

As definições e modalidades de projetos de reflorestamento e florestamento ainda estão em discussão, principalmente no que se refere às questões de permanência, adicionalidade e vazamento.

Em 2007, foi aprovada a metodologia ARAM009, que envolve atividades de florestamento/reflorestamento de áreas degradadas, permitindo “atividades silvipastoris”. Esta metodologia foi baseada no “Projeto de Reflorestamento MDL San Nicolas”, na Colômbia. Foi o primeiro caso de sistema silvipastoril que passou a ser aceito para apresentação desses projetos.

Assim, o uso de sistemas agroflorestais, em especial os sistemas silvipastoris, ganha uma nova perspectiva de motivação para sua adoção no meio rural. Cientificamente, já é conhecido o potencial para mitigação das mudanças climáticas globais, por meio do sequestro de carbono e sua estocagem na biomassa, devido à maior produtividade global por unidade de área do que sistemas tradicionais, conforme relatado por diversos autores (NAIR, 1993; YOUNG, 1997; HUXLEY, 1999; MACEDO, 2000).

Neste sentido, vale ressaltar alguns trabalhos que corroboram esta afirmação:

Sharrow e Ismail (2004) conduziram um estudo comparando a produção de biomassa, estoque de carbono e nitrogênio em um sistema silvipastoril, pastagem e um plantio florestal com 11 anos de idade, no Oregon, Estados Unidos. O sistema silvipastoril apresentou maior produção de biomassa total e, conseqüentemente, maior estoque de carbono em relação à pastagem e ao plantio florestal. Resultado semelhante foi observado por Kaur et al. (2002) em um sistema silvipastoril implantado em solos com altos teores de sódio na região noroeste da Índia.

Tsakamoto Filho (2003) observou, também, que o plantio convencional de eucalipto (monocultivo) foi menos eficiente do que o sistema agrossilvipastoril,

no sequestro de carbono, em uma área localizada no noroeste de Minas Gerais.

Gutmanis (2004), avaliando o estoque de carbono e a dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris compostos por *Pinus* plantado em duas densidades diferentes e com seis espécies forrageiras, concluiu que a quantidade de biomassa produzida pela pastagem pode ser até superior à produção anual das árvores. As gramíneas utilizadas chegaram a contribuir com 43% do carbono estocado na densidade de 200 árvores por hectare, e com 23% na densidade de 400 árvores por hectare.

Smith e Sherr (2002) salientam ainda que os sistemas agroflorestais podem contribuir para a redução da pobreza em zonas rurais por meio da obtenção de renda com comercialização de créditos de carbono advindos de projetos aprovados dentro do contexto do MDL.

Na Região Sudeste, as áreas de influência da Mata Atlântica, particularmente a Zona da Mata Mineira, são caracterizadas por apresentar relevo bastante acidentado e solos com elevada acidez e baixa fertilidade natural (CARVALHO et al., 2001). Paralelamente, grande parte destas áreas é ocupada por pastagens (geralmente degradadas).

Com isso, os sistemas silvipastoris ganham especial destaque como alternativa de uso sustentável do solo, à medida em que proporcionam a melhoria de aspectos físicos e químicos do solo, bem como proporcionam a intensificação da produção animal, tornando a atividade pecuária regional mais sustentável e rentável (FRANCO, 2000).

O objetivo deste trabalho foi quantificar o estoque de carbono em um sistema silvipastoril implantado na Zona da Mata Mineira como subsídio para o estudo de alternativas de manejo de sistemas silvipastoris, como forma de integração de objetivos socioeconômicos e ambientais.

## Material e Métodos

### Caracterização do experimento

Os dados foram obtidos em um sistema silvipastoril misto com 10 anos de idade, implantado em uma área de 4 ha, no Campo Experimental de Coronel Pacheco, pertencente à *Embrapa Gado de Leite*, localizado na região da Zona da Mata Mineira, em área montanhosa de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

O clima da região é do tipo Cwa, mesotérmico, apresentando verão quente e chuvoso e inverno frio e seco. A precipitação média anual situa-se ao redor de 1.500 mm, distribuídos irregularmente. Somente 13 % desse total ocorre durante os meses de maio a setembro, considerado como o período da seca. A temperatura média é de 18 °C nos meses mais frios e 22 °C durante o período de verão.

O sistema silvipastoril em questão é composto por faixas de árvores em nível, com largura de, aproximadamente, 10 m, intercaladas por faixas de pastagem com largura aproximada de 30 m. Dentro da faixa de árvores, foi mantido um espaçamento de 3 m x 3 m entre linhas e plantas.

O sistema é composto por duas espécies arbóreas: *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*, e o componente herbáceo é constituído por uma pastagem de *Brachiaria decumbens* cv Basilisk pastejada em sistema rotacionado, com períodos médios de ocupação e descanso de cinco e 45 dias, respectivamente.

O estoque final de árvores aos 10 anos foi estimado em 105 árvores por hectare, em função da mortalidade e de desbastes seletivos ocorridos. Dessas, 60 árvores são de eucalipto e 45 de *Acacia mangium*.

### Procedimento para estimativa do estoque de biomassa e carbono no fuste do componente florestal

Para estimar os estoques de biomassa e volume, inicialmente, foi necessário estimar o volume de madeira por meio do ajuste de equações alométricas. Para isto, foi realizada a caracterização da distribuição diamétrica das árvores e seleção de árvores para cubagem. Foram selecionadas três árvores por classe de diâmetro para cubagem rigorosa em pé, com o auxílio de um Pentaprisma de Weeler apoiado em um tripé de base regulável com um suunto acoplado. Este equipamento é recomendado para a determinação do diâmetro mínimo comercial de árvores em pé. A escala graduada permite obter um intervalo de medição entre 7,6 cm e 86,4 cm de diâmetro.

O volume individual (V) das árvores foi calculado por meio da aplicação sucessiva da fórmula de Smalian em seções de 1 m de comprimento:

$$v = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\pi}{80000} \right) (Dx^2 + Dy^2) L_i$$

Onde:

n = número de seções;

Dx = diâmetro maior da seção i, em cm;

Dy = diâmetro menor da seção i, em cm;

L<sub>i</sub> = comprimento da seção, em m.

A partir dos dados da cubagem rigorosa, foram ajustados seis diferentes modelos matemáticos de volume em função do DAP e Ht, selecionados na literatura florestal, conforme descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Modelos volumétricos testados para estimativa de volume e biomassa do fuste de árvores de eucalipto e acácia.

Equação	Modelo	Autor
1	$\ln V = b_0 + b_1 \cdot \ln DAP + b_2 \cdot \ln Ht$	Schumacher-Hall (logaritimizado)
2	$\ln V = b_0 + b_1 \cdot \ln(DAP^2 \cdot H)$	Spurr (logaritimizado)
3	$\ln V = b_0 + b_1 \cdot \ln DAP + b_2 \cdot DAP$	Brenac
4	$V = b_0 + b_1 \cdot DAP^2$	Koperzky e Gehardt
5	$V = b_0 + b_1 \cdot DAP + b_2 \cdot DAP^2$	Hohenald e Kreen
6	$V = b_0 + b_1 \cdot DAP$	Berkhout

As estimativas de biomassa do fuste das árvores foram calculadas multiplicando os valores de densidade básica da madeira pelos respectivos volumes, conforme a expressão (FINKE HERRERA, 1989):

$PS(c) = V(DBMT)$  ou  $(DBC)$ , onde:

$PS(c)$  = biomassa da madeira ou da casca, em kg;

$V$  = volume de madeira ou casca, em  $m^3$ ;

$DBMT$  = densidade básica média da madeira, em  $kg.m^{-3}$ ;

$DBC$  = densidade básica da casca, em  $kg.m^{-3}$ .

Com relação ao carbono estocado na biomassa, são vários os estudos que indicam percentuais próximos a 50%. Este percentual tem sido aceito pela *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) como base de cálculo para estimativas de carbono em projetos de MDL. Entretanto, Sanquetta e Balbinot (2004) alertam que o uso indiscriminado deste parâmetro (0,5) para conversão de biomassa em carbono pode gerar estimativas irreais. Sendo assim, neste estudo, será adotado o fator 0,45, que representa um percentual mais conservador.

#### **Procedimento para estimativa do estoque de biomassa e carbono no componente herbáceo**

Neste estudo, foi considerada a biomassa de resíduo pós-pastejo. Foram feitas estimativas mensais durante cinco anos. As médias mensais subsidiaram a composição da média anual.

As amostras para avaliação da biomassa da pastagem foram obtidas com auxílio de uma moldura de 0,5 m x 0,5 m, lançada 20 vezes, ao acaso, em cada estrato. Foi coletada a biomassa aérea do resíduo pós-pastejo da forragem contida em cada quadrado. Este material foi levado ao laboratório, onde foi separado manualmente em materiais verde e morto. Uma subamostra de cada componente foi pesada e secada em estufa a 65 °C, até peso constante. Em seguida, as amostras foram moídas

a 1 mm, em moinho tipo Willey e submetidas a secagem em estufa a 105 °C para determinação da matéria seca.

Para cálculo do carbono existente, foi utilizado o mesmo procedimento para o componente florestal, com a multiplicação do valor de matéria seca pelo fator 0,45.

### **Resultados e Discussão**

Para o eucalipto, o modelo de Shumacher e Hall apresentou melhor ajuste para a estimativa do volume, conforme apresentado a seguir:

Volume:  $LnV = -9,961 + 1,846(LnDAP) + 1,067(LnHt)$   
 $R^2 = 0,9817$

De acordo com Campos e Leite (2002), o modelo de Shumacher e Hall tem sido o mais difundido em função de suas propriedades estatísticas, uma vez que resulta quase sempre em estimativas não tendenciosas.

Para a estimativa de volume da acácia, o modelo que melhor se ajustou foi o de Brenac, conforme apresentado a seguir:

Volume:  $LnV = -9,097 + 2,6490(LnDAP) - 0,032(DAP)$   
 $R^2 = 0,9734$

Este resultado difere daquele encontrado por Tonini e Schwengber (2006), que compararam várias equações de volume para *Acacia mangium* em Roraima e determinaram que o modelo de Spurr apresentou o melhor ajuste. Por outro lado, Veiga et al. (2000) determinaram que o modelo de Meyer modificado foi o que apresentou melhor ajuste para plantios de acácia mangium na região de Botucatu, SP. Campos e Leite (2002) afirmaram que o modelo de Spurr tem sido, também, bastante difundido em função da facilidade de ajustamento.

Com base nessas equações, foram calculados o volume, a biomassa e o carbono do fuste das árvores do povoamento (Tabelas 2 e 3).

**Tabela 2.** Volume total (VT), biomassa e carbono estocados (por hectare) no fuste das árvores de *Eucalyptus grandis* por classe de diâmetro aos 10 anos de idade.

Classe diamétrica (cm)	Frequência	VT (m <sup>3</sup> )	Biomassa (Mg.ha <sup>-1</sup> )*	C (Mg.ha <sup>-1</sup> )
00,00-4,99	1	0,003	0,002	0,001
5,00-9,99	2	0,062	0,038	0,017
10,00-14,99	6	0,507	0,314	0,141
15,00-19,99	7	1,633	1,013	0,456
20,00-24,99	9	3,604	2,235	1,006
25,00-29,99	11	6,905	4,281	1,927
30,00-34,99	13	12,00	7,443	3,349
35,00-39,99	8	10,00	6,196	2,788
40,00-44,99	2	3,242	2,010	0,904
45,00-49,99	1	2,067	1,282	0,577
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>40,00</b>	<b>24,81</b>	<b>11,17</b>

\*Considerando uma densidade de 620 kg/m<sup>3</sup> para *E. grandis* com 11 anos de idade (BRITO; BARRICHELO, 1977).

**Tabela 3.** Volume total (VT), biomassa e carbono estocados (por hectare) no fuste das árvores de *Acacia mangium* por classe de diâmetro aos 10 anos de idade.

Classe diamétrica (cm)	Frequencia	VT (m <sup>3</sup> )	Biomassa (Mg.ha <sup>-1</sup> )*	C (Mg.ha <sup>-1</sup> )
00,00-4,99	0	0	0	0
5,00-9,99	2	0,062	0,032	0,015
10,00-14,99	11	0,929	0,487	0,219
15,00-19,99	12	2,800	1,467	0,660
20,00-24,99	15	6,007	3,148	1,417
25,00-29,99	4	2,511	1,316	0,592
30,00-34,99	1	0,923	0,484	0,218
35,00-39,99	0	0	0	0
40,00-44,99	0	0	0	0
45,00-49,99	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>13,23</b>	<b>6,934</b>	<b>3,12</b>

\*Considerando uma densidade de 540 kg/m<sup>3</sup> (VALE et al., 1999).

Com relação ao componente herbáceo, foi considerada a biomassa residual de *B. decumbens* após os períodos de pastejo. Os valores apresentados na Tabela 4 referem-se à média mensal de um período de 4 anos (2003-2007).

Considerando as duas espécies arbóreas, estima-se um total de 31,74 Mg.ha<sup>-1</sup> de biomassa e 14,29 Mg.ha<sup>-1</sup> de carbono. Giraldo et al. (2007) encontraram resultados

semelhantes para sistemas silvipastoris de *Acacia mangium* consorciada com *Brachiaria dyctioneura*, com densidade de 100 plantas por hectare. Segundo esse autor, somente para a parte aérea do componente florestal foi estimado um total de 30,22 Mg de biomassa seca por hectare.

**Tabela 4.** Acúmulo de biomassa (matéria seca) e carbono (por hectare) de *B. decumbens* presente no sistema silvipastoril após pastejos periódicos.

Mês	Biomassa (Mg.ha <sup>-1</sup> )	C (Mg.ha <sup>-1</sup> )
Janeiro	1,336	0,60
Fevereiro	1,717	0,77
Março	1,227	0,55
Abril	1,260	0,57
Maiο	1,806	0,81
Junho	1,976	0,89
Julho	1,167	0,53
Agosto	1,124	0,51
Setembro	1,044	0,47
Outubro	0,989	0,45
Novembro	0,853	0,38
Dezembro	0,873	0,39
<b>Média anual</b>	<b>1,28</b>	<b>0,58</b>

Kaur et al. (2002), avaliando o estoque de carbono em sistemas silvipastoris com 6 anos de idade, estabelecidos em solos com altos teores de sódio e precipitação média anual de 600 mm, na região noroeste da Índia, encontraram valores de biomassa de fuste variando entre 4,62 Mg.ha<sup>-1</sup> a 9,78 Mg.ha<sup>-1</sup> em três diferentes arranjos espaciais de árvores. Para o componente herbáceo, foram registrados valores variando entre 0,42 Mg.ha<sup>-1</sup> a 3,92 Mg.ha<sup>-1</sup>. Neste estudo, os autores consideraram a biomassa aérea total e, segundo os mesmos, estes resultados superaram aqueles observados para monocultivos florestais com a mesma espécie.

Em outro estudo realizado por Tsukamoto Filho (2003), na região noroeste de Minas Gerais, em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto na densidade de 250 árvores por hectare, foi observado uma produção de 107,96 Mg.ha<sup>-1</sup> de biomassa seca do fuste, aos 10 anos de idade, o que corresponde a 0,43 Mg por planta, valor bastante semelhante ao encontrado para o eucalipto neste trabalho (0,41 Mg.ha<sup>-1</sup>). Quando comparado com o sistema de monocultivo de eucalipto, o sistema agrossilvipastoril se mostrou mais eficiente no sequestro de carbono, segundo o autor.

Gutmanis (2004) observou valores próximos em experimento silvipastoril com *Pinus elliotti* na região de Nova Odessa, SP, em duas densidades de plantio. Para a densidade de 200 árvores por hectare, o acúmulo de biomassa no fuste das árvores foi de 104,54 Mg.ha<sup>-1</sup>,

correspondendo a 0,523 Mg por planta. Já na densidade de 400 árvores por hectare, houve maior acúmulo de biomassa, 187,36 Mg.ha<sup>-1</sup>, correspondendo a 0,468 Mg por planta. Para o componente herbáceo, foram observados valores de 8,23 Mg.ha<sup>-1</sup>, para o sistema com densidade de 200 árvores por hectare, e 6,58 Mg.ha<sup>-1</sup>, para o sistema com densidade de 400 árvores por hectare. Nesse estudo também foi considerada a biomassa aérea total.

Segundo Sharrow e Ismail (2004), 90% do carbono das pastagens são armazenados no solo sob a forma de matéria orgânica, o que evidencia a necessidade da inclusão desse compartimento nos estudos sobre fixação de carbono em sistemas silvipastoris.

## Conclusões

Os resultados aqui apresentados coincidem com estimativas observadas em outros estudos com diferentes espécies, arranjos e regiões, e são apenas indicativos do potencial deste sistema agrossilvipastoril. Recomendando-se mais estudos com relação aos demais compartimentos dele componentes.

## Referências

- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. *IPEF*, Piracicaba, n. 14, p. 9-20, 1977.
- CAMPOS, J. C.; LEITE, H. G. (Ed). **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 407 p.
- CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F.; ALVIM, M. J. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação e sustentabilidade de pastagens cultivadas. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.). **Sistemas Agroflorestais Pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 189-204.
- FINKE HERRERA, M. E. **Densidade básica e equações de peso de madeira seca de povoamentos de eucalipto de acordo com a idade, espécie e método de regeneração**. 1989. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- FRANCO, F. S. **Sistemas Agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2000. 148 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- GIRALDO, L.A.; ZAPATA, M.; MONTOYA, E. **Captura y flujo de carbono en silvopastoreo con bovinos en el tropico colombiano**. AIDA, Medellín, 2007. Disponível em: <www.aida-itea.org/jornada38/sistemas/miscelanea/m6\_giraldo.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2008.

- GUTMANIS, D. **Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris**. 2004. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.
- HUXLEY, P. **Tropical Agroforestry**. Cambridge: University Press, 1999. 371 p.
- JACOVINE, L. A. G.; NISHI, M. H.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R.; ALVARENGA, A. P. A seringueira no contexto das negociações sobre Mudanças Climáticas Globais. In: ALVARENGA, A.P.; CARMO, C.A.F.S. (Ed.). **Seqüestro de Carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 1-41.
- KAUR, B.; GUPTA, S. R.; SINGH, G. Carbon storage and nitrogen cycling in silvopastoral systems on a sodic soil in Northwestern India. **Agroforestry Systems**, v. 54, p. 21-29, 2002.
- MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 157 p.
- Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. **Protocolo de Kyoto**. MCT, Brasília, DF, 2000. Disponível em: <[www.mct.gov.br/upd\\_blob/0012/12425.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2008.
- NAIR, P. K. **An Introduction to Agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499 p.
- SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE FIXAÇÃO DE CARBONO EM ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 1., 2004, Curitiba: **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná/Instituto Ecoplan, 2004. p. 77-93.
- SHARROW, S.H.; ISMAIL, S. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations and pastures in western Oregon, USA. **Agroforestry Systems**, v. 60, p. 123-130, 2004.
- SMITH, J.; SHERR, S. J. **Forest carbon and local livelihoods: assessment of opportunities and policy recommendations**. CI-FOR Ocasional Paper 37, Center for International Forestry Research, Jakarta, 2002. Não paginado.
- TONINI, H.; SCHWENGBER, L. A. M. Equações hipsométricas e volumétricas para *Acacia mangium* Willd em Roraima. **Ambiência**, v. 2, n. 2, p. 155-165, 2006.
- TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais**. 2003. 98 f. Tese Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; MARTINS, I. S. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 85-92, 1999.
- VEIGA, R. A. A.; CARVALHO, C. M.; BRASIL, M. A. M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium* Willd. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 13-107, 2000.
- YOUNG, A. **Agroforestry for Soil Management**. 2. ed. Nairobi: ICRAF, 1997. 320 p.

---

Recebido em 14 de maio de 2009 e aprovado em 10 de dezembro de 2009

