

**Potencial de estocagem de carbono em sistemas silvipastoris no Brasil****Potential of carbon storage in silvopastoral systems in Brazil**

DOI:10.34117/bjdv5n11-364

Recebimento dos originais: 07/10/2019

Aceitação para publicação: 29/11/2019

**Bruno Leão Said Schettini**

Mestre em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal de Viçosa

Endereço: Avenida Purdeu S/Nº, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa – MG, Brasil

Email: bruno.schettini@ufv.br

**Laércio Antônio Gonçalves Jacovine**

Doutor em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal de Viçosa.

Endereço: Avenida Purdeu S/Nº Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa – MG, Brasil.

Email: jacovine@ufv.br

**Silvio Nolasco de Oliveira Neto**

Doutor em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal de Viçosa

Endereço: Avenida Purdeu S/Nº, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa – MG, Brasil

Email: snolasco@ufv.br

**Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres**

Doutor em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa Instituição: Universidade Federal de Viçosa

Endereço: Avenida Purdeu S/Nº, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa – MG, Brasil

Email: carlos.eleto@ufv.br

**Paulo Henrique Villanova**

Mestre em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa. Instituição: Universidade Federal de Viçosa

Endereço: Avenida Purdeu S/Nº, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa – MG, Brasil.

Email: paulo.villanova@ufv.br

**Samuel José Silva Soares da Rocha**

Mestre em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa. Instituição: Universidade Federal de Viçosa

Endereço: Avenida Purdeu S/Nº, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa – MG, Brasil

Email: samuel.rocha@ufv.br

**Maria Paula Miranda Xavier Rufino**

Engenheira Florestal, pela Universidade Federal de Viçosa. Instituição: Universidade Federal de Viçosa

Endereço: Avenida Purdeu S/Nº, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa – MG, Brasil.

Email: maria.rufino@ufv.br

**Indira Bifano Comini**

Mestre em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa. Instituição: Universidade Federal de Viçosa

Endereço: Avenida Purdeu S/Nº, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa – MG, Brasil.  
Email: indira.comini@ufv.br

**RESUMO**

A preocupação mundial acerca das mudanças climáticas motivou a elaboração de um compromisso climático, na Conferência das Partes 21 em Paris no ano de 2015. O Acordo de Paris, o qual o Brasil é signatário, prevê limitar a elevação da temperatura média do planeta em 2°C em relação aos níveis pré-industriais. Os sistemas silvipastoris (SSP) são uma atividade incentivada pelo governo brasileiro, com potencial de mitigação estimado em 0,1360 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Dessa forma, o objetivo do presente estudo é realizar uma revisão bibliográfica sobre o potencial de estocagem e incremento de carbono em diferentes sistemas silvipastoris no Brasil, e comparar esses valores com a meta proposta na pelo país no Acordo de Paris. Para elaboração desse estudo foram levantados dados de SSP com diferentes idades, arranjos espaciais e espécies, localizados em diferentes regiões do país. O incremento médio anual em carbono encontrado nos diferentes SSP avaliados foi de 4,5613 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Esse valor é superior ao estimado pelo governo brasileiro para cumprir a sua meta de redução de emissões de gases de efeito estufa. Foi possível concluir que os SSP contribuem para a remoção de CO<sub>2</sub> atmosférico e, portanto, devem ser incentivados para mitigação das mudanças climáticas.

**Palavras chave:** Acordo de Paris, Integração lavoura pecuária floresta, Programa agricultura de baixo carbono.

**ABSTRACT**

Global concern about climate change has prompted a climate commitment at the Conference of Parties in Paris in 2015. The Paris Agreement, which Brazil is a signatory, plans to limit the rise in the planet's average temperature by 2°C in relation to pre-industrial levels. Silvopastoral systems (SSP) are an activity encouraged by the Brazilian government, with mitigation potential estimated at 0.1360 MgC ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. Thus, our objective is to carry out a literature review on the potential of storage and increase of carbon in different silvipastoral systems in Brazil, and to compare these values with the goal proposed by the country in the Paris Agreement. For the preparation of this study, we performed the data collection of SSP with different ages, spatial arrangements and species, located in different regions of the country. The average annual increase in carbon found in the different SSPs evaluated was 4.5613 MgC ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. This figure is higher than that estimated by the Brazilian government to meet its goal of reducing greenhouse gas emissions. It was possible to conclude that SSPs contribute to the removal of atmospheric CO<sub>2</sub> and, therefore, should be encouraged to mitigate climate change.

**Keywords:** Agreement of Paris, Integration crop livestock and forest, Low carbon agriculture program.

**1 INTRODUÇÃO**

O aumento nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera em virtude das atividades humanas, e seus efeitos nas condições climáticas do planeta se tornaram um desafio para a população mundial (MONDANI et al., 2017). Ao longo das últimas décadas, diversas reuniões internacionais foram realizadas para tratar essas alterações no clima (NEEFF, 2013).

Em dezembro de 2015, na 21ª sessão da Conferência das Partes (COP 21) em Paris, na França, foi elaborado o Acordo de Paris, que visa limitar a elevação da temperatura média do planeta entre 1,5 a 2 °C, em relação aos níveis pré-industriais (ANTIMIANI et al., 2017). Para alcançar esse objetivo, cada país apresentou suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC), que demonstram como cada um deles pretende reduzir suas respectivas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (PAN et al., 2017).

O Brasil é um dos países membros do Acordo de Paris (KOO, 2017), com a meta de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, até o ano de 2025, e uma contribuição indicativa de redução em 43% até 2030 (BRASIL, 2015). Uma das ações para auxiliar o cumprimento dessas metas é o fortalecimento do plano de Agricultura de Baixo Carbono (ABC), com a restauração de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até 2030 e incremento de 5 milhões de hectares de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Florestas (ILPF) até 2030 (BRASIL, 2015).

Dentre os tipos de ILPF, estão os Sistemas Silvopastoris (SSP), onde são combinadas árvores, e/ou arbustos, com pastagens e animais em uma mesma unidade de área, de maneira sequencial, ou não (KUMAR e NAIR, 2011), e eles funcionam como potenciais sumidouros de carbono (TORRES et al., 2014), devido à capacidade das árvores de fixar carbono na forma de biomassa (TORRALBA et al., 2016).

Dessa forma o objetivo do presente estudo é realizar uma revisão bibliográfica sobre o potencial de estocagem e incremento de carbono em diferentes sistemas silvipastoris no Brasil, e comparar esses valores com a meta proposta na NDC do país.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O ponto de partida dessa revisão foi o questionamento – qual o potencial de mitigação das mudanças climáticas dos sistemas silvipastoris (SSP). Para elaboração desse estudo foi realizada análise exploratória em publicações científicas que abordam a estocagem de carbono em SSP no Brasil. Foram levantados dados de sistemas com diferentes idades e localizados em várias partes do país.

A literatura disponível apresenta dados de acúmulo de biomassa e estoque de carbono acima e abaixo do solo. O estoque de carbono nos sistemas avaliados foi dividido nos seguintes compartimentos: biomassa viva acima (AGB) e abaixo do solo (BGB), serapilheira, pastagem e matéria orgânica no solo (PENNAM et al., 2003; TORRES et al., 2014).

Para padronização eles foram transformados em incremento médio anual em carbono (IMAC), que permite a comparação dos resultados (TORRES et al., 2014). No incremento foi considerada somente a AGB, uma vez que são decorrentes da implantação dos sistemas.

### 3 RESULTADOS

Os resultados de estocagem de carbono nos diferentes sistemas silvipastoris avaliados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Estoque e incremento em carbono para os diferentes sistemas silvipastoris avaliados

Table 1: Carbon stock and incremente for the diferente silvipastoral systems evaluated

Estado	SSP	Idade (anos)	Estoque de carbono (Mg ha <sup>-1</sup> )					Total	IMAC (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Autores
			AGB	BGB	Serapilheira	Pastagem	Solos			
MG	Eucalipto + Acácia	10	14,29	-	-	0,58	-	14,87	1,43	Muller et al. (2009)
RS	Eucalipto (1000 árv ha <sup>-1</sup> )	21	80,20	-	-	-	-	80,20	3,82	Oliveira et al. (2008)
RS	Eucalipto (500 árv ha <sup>-1</sup> )	21	71,50	-	-	-	-	71,50	3,40	Oliveira et al. (2008)
RS	Pinus (1000 árv ha <sup>-1</sup> )	21	70,60	-	-	-	-	70,60	3,36	Oliveira et al. (2008)
RS	Pinus (500 árv ha <sup>-1</sup> )	21	63,10	-	-	-	-	63,10	3,00	Oliveira et al. (2008)
SP	Pinus (200 árv ha <sup>-1</sup> )	30	66,01	23,57	4,19	3,29	97,24	194,30	2,20	Gutmanis (2004)
SP	Pinus (400 árv ha <sup>-1</sup> )	30	119,70	40,78	5,81	2,67	89,37	258,33	3,99	Gutmanis (2004)
MG	Eucalipto	4	11,46	-	-	-	-	11,46	2,87	Castro Neto et al. (2017)
MG	Eucalipto	10	-	-	-	-	36,4	36,40	-	Das Neves et al. (2004)
PA	Paricá	4	-	-	4,59	-	108,00	112,59	-	Lemos et al. (2016)
MS	Eucalipto	6	14,10	2,40	-	-	-	16,50	2,35	Marques Filho et al. (2017)
PE	Gliricídia	5	55,31	-	-	-	-	55,31	11,06	Ferreira (2015)
PE	Sabiá	5	58,43	-	-	-	-	58,43	11,69	Ferreira (2015)
MG	Eucalipto	5	28,29	-	-	-	-	28,29	5,66	Rocha et al. (2017)
MG	Eucalipto	8	42,53	-	-	-	-	42,53	5,32	Rocha et al. (2017)
MG	Eucalipto	6	25,18	-	-	-	-	25,18	4,20	Rocha et al. (2017)
MG	Eucalipto	3,67	25,73	-	-	3,77	-	29,50	7,01	Torres (2015)
MG	Eucalipto	3,67	5,94	-	-	3,32	-	9,26	1,62	Torres (2015)

AGB = biomassa acima do solo; BGB = biomassa abaixo do solo; IMAC = Incremento médio anual em carbono (MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

Em um SSP misto, com o componente arbóreo constituído de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) e acácia (*Acacia mangium*), implantado em Coronel Pacheco-MG, o estoque de carbono estimado foi de 14,87 MgC ha<sup>-1</sup>. O IMAC estimado para a área foi de 1,43 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (MULLER et al., 2009).

No município de Alegrete-RS, foram comparados 2 SSP com eucalipto (*Eucalyptus grandis*) e 2 com pinus (*Pinus elliottii*), com duas densidades populacionais (500 e 1000 árvores ha<sup>-1</sup>), aos 21 anos de idade. Nos sistemas com eucalipto os estoques de carbono foram de 80,2 e 71,5 MgC ha<sup>-1</sup> (IMAC de 3,82 e 3,40 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> respectivamente). Nos sistemas com pinus, os estoques de carbono foram de 70,6 e 63,10 MgC ha<sup>-1</sup> (3,36 e 3,00 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de IMAC respectivamente). Em todos os sistemas foram avaliados apenas a AGB (OLIVEIRA et al., 2008).

Em dois SSP com pinus (*Pinus elliottii*), em Nova Odessa – SP, com duas densidades populacionais (200 e 400 árv ha<sup>-1</sup>), aos 30 anos, foram observados estoques de carbono de 194,30 e 258,33 MgC ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Foram considerados os estoques de carbono na AGB, biomassa abaixo do solo (BGB), serapilheira, pastagem e solos. O IMAC estimado para os dois sistemas foi de 2,20 e 3,99 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, nas densidades de 200 e 400 árv há<sup>-1</sup>, respectivamente (GUTMANIS, 2004).

O estoque de carbono em um SSP com um híbrido de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), em Viçosa-MG, aos 4 anos de idade foi de 11,46 MgC ha<sup>-1</sup>. Foi quantificado o estoque apenas na AGB, e resultou em um IMAC de 2,87 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (CASTRO NETO et al., 2017). Em um sistema silvipastoril com eucalipto, aos 10 anos de idade, no estado de Minas Gerais, o estoque de carbono no solo foi de 36,40 MgC ha<sup>-1</sup> (DAS NEVES et al., 2004).

Em um SSP, no município de Mãe do Rio – PA, com o plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum*), aos 4 anos, o estoque de carbono entrado foi de 112,59 MgC ha<sup>-1</sup>, desse total 4,59 na pastagem e o restante no solo (LEMOS et al., 2016). O estoque de carbono estimado em um SSP, com um híbrido de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), aos 6 anos, no município de Bandeirantes – MS, foi de 16,5 MgC ha<sup>-1</sup>, 14,1 na AGB e 2,4 na BGB. O IMAC encontrado foi de 2,35 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (MARQUES FILHO et al., 2017).

Ferreira (2015) avaliou o estoque de carbono na AGB em dois SSP aos 5 anos de idade, em Itambé, na Zona da Mata de Pernambuco. O estoque de carbono do sistema com gliricídia (*Gliricidia sepium*) foi de 55,31 MgC ha<sup>-1</sup> e IMAC de 11,06 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. O SSP com o componente arbóreo de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), o estoque de carbono foi de 58,43 MgC ha<sup>-1</sup> e o IMAC de 11,69 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Rocha et al. (2017) avaliaram a estocagem de carbono em 3 SSP em Porto Firme - MG, com um híbrido de (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), ao 5, 8 e 6 anos, e o total encontrado foi de 28,29, 42,43 e 25,18 MgC ha<sup>-1</sup>, com IMAC de 5,66, 5,32 e 4,20 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

O estoque de carbono em dois SSP, no município de Viçosa – MG, foi de 29,50 MgC ha<sup>-1</sup> (25,73 na AGB e 3,77 na pastagem) e 9,26 MgC ha<sup>-1</sup> (5,94 na AGB e 3,32 na pastagem), o que resultou em um IMAC de 7,01 e 1,62 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Dos SSP avaliados no presente estudo o estoque de carbono médio encontrado foi 65,46 MgC ha<sup>-1</sup> e o IMAC médio de 4,56 MgC ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (TORRES, 2015).

**4 DISCUSSÕES*****Biomassa abaixo do solo***

A biomassa abaixo do solo é de difícil coleta de dados quando comparada com a biomassa acima do solo. Ela é dividida em raízes finas e grossas, que possuem funções diferentes na planta (TORRES et al., 2014). As raízes finas são aquelas com diâmetro  $\leq$  a 2mm, e são a parte subterrânea mais ativa da planta (CAMPOS et al., 2017), com função importante na regulação e alocação do carbono abaixo do solo, e também na ciclagem de nutrientes (CHEN et al., 2016). As raízes grossas são responsáveis, principalmente, pela sustentação da planta (RATUCHNE et al., 2016), e representam de 5 a 10% do comprimento do sistema radicular (GAITÁN et al., 2005).

O estoque de carbono na BGB nos sistemas avaliados variou de 17,02 a 32,07% do total acumulado, e mostra a sua importância como segundo compartimento com maior acúmulo de biomassa na planta. Wink et al. (2015), observaram que em um povoamento de Eucalipto (*Eucalyptus* spp.) no estado do Rio Grande do Sul, 17% do carbono estocado na planta estava nas raízes, atrás apenas do tronco com 79%. O resultado é similar ao observado em povoamentos de Eucalipto (*Eucalyptus* spp.), na região centro-leste de Minas Gerais, em que 22% do carbono estava na BGB e 65% no tronco (GATTO et al., 2011). Para plantio de araucária (*Araucaria angustifolia*), na região sul do Paraná, o percentual encontrado no estoque de carbono para raízes foi de 15,09% (WATZLAWICK et al., 2003). Os resultados sobre o acúmulo de biomassa para raízes na literatura evidenciam a importância dessa informação no estoque de carbono, e estão próximos ao recomendado para florestas plantadas no Brasil, que é de 22% (BRASIL, 2001).

***Biomassa acima do solo***

A AGB é de fácil estimativa quando comparado aos outros compartimentos (RIOFRIO et al., 2015), o que fica evidenciado nos sistemas avaliados, em que apenas dois deles não apresentaram este resultado. É baseada, na maioria das vezes, nas variáveis dendrométricas da floresta, como diâmetro a altura do peito e altura total dos indivíduos, e densidade básica da madeira (SILVEIRA et al., 2008; STAS et al., 2017), que fornecem dados confiáveis na estimativa de AGB (KALITA et al. 2015).

A fração de maior acúmulo de biomassa viva na árvore é encontrada acima do solo (TORRES et al., 2013). A maior disponibilidade de água, luz e nutrientes favorece o desenvolvimento das plantas (CHASE et al., 2016), e conseqüentemente maior acúmulo de AGB.

Ao avaliar o acúmulo de AGB em plantio de acácia (*Acacia mearnsii*), Caldeira et al. (2001) encontraram a seguinte distribuição na planta: 45,9% na madeira, 20% nas folhas e 19,5% nos galhos. Nos sistemas avaliados no presente estudo o estoque de carbono na AGB, em relação aos demais

compartimentos, variou de 64,14 a 87,22%, o que comprova que a estimativa da biomassa acima do solo é relevante na avaliação dos estoques de carbono em florestas (XUE et al., 2017).

### ***Serapilheira***

A serapilheira é constituída pelos restos de materiais vegetais depositados na superfície do solo, tais como cascas, troncos, frutos, sementes, gravetos, flores, sementes e folhas (CIANCIARUSO et al., 2006). Ela é um componente importante no ecossistema, devido as suas funções de ciclagem de nutrientes e por permitir que aconteça o retorno ao solo de boa parte dos nutrientes absorvidos pela planta (FERREIRA et al., 2007). Figueiredo Filho et al. (2003) ao avaliarem a deposição de serapilheira em uma floresta no Paraná, identificaram que a fração mais relevante no total foram as folhas, com 57%.

A produção de serapilheira varia em função da espécie, das condições climáticas do local (ARATO et al., 2003). Quanto mais antropizada for a floresta, maior será a deposição e acúmulo de resíduos florestais no solo, e maior o acúmulo de serapilheira (WERNECK et al., 2001).

O estoque de carbono na serapilheira nos trabalhos aqui avaliados variou de 4,19 a 5,81 MgC ha<sup>-1</sup>, esses resultados são inferiores aos observados por Wink et al. (2013), que em povoamento de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) encontraram o estoque na serapilheira superior a 20 MgC ha<sup>-1</sup>. Essa diferença é justificada pois as espécies dos sistemas são diferentes (paricá e pinus), e apresentam intensidade diferente de deposição de material vegetal no solo.

### ***Solos***

A quantidade de carbono estocada nos solos varia em função da quantidade de material deposto acima e abaixo da superfície (CHEN et al., 2017), a partir da senescência dos componentes da planta (RITTIL et al., 2017). Eles possuem potencial destacado de acúmulo de biomassa (PAIVA et al., 2011), e as árvores podem aumentar o estoque de carbono no solo, em relação a ambientes desflorestados (PARDON et al., 2017).

Nos trabalhos avaliados o estoque de carbono variou de 36,40 a 108 MgC ha<sup>-1</sup> em função da profundidade de coleta dos dados. Paiva et al. (2011) encontraram o estoque de carbono de 19,37, 40,30 e 271,23 MgC ha<sup>-1</sup> nas camadas de 0-10, 10-20 e até 200 cm, o que comprova que a metodologia de amostragem utilizada tem influência nos resultados de estoque de carbono.

A espécie utilizada no componente arbóreo e seus tratos silviculturais pode aumentar o acúmulo de biomassa e estoque de carbono. Barreto e Fernandes (2001) avaliaram o uso de *Gliricidia sepium* para melhorar as características do solo, 4 anos após a realização de cortes e incorporação de material vegetal no solo, houveram melhorias, porém devido ao curto período de avaliação não foi alterada o teor de matéria orgânica no solo.

### ***NDC brasileira e o potencial de mitigação dos sistemas silvipastoris***

O compromisso brasileiro assinado no Acordo de Paris prevê, no primeiro momento, ao longo de 10 anos, o IMAC estimado de  $0,1360 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (MMA, 2017). Todos os sistemas avaliados no presente estudo, possuem IMAC superiores ao estimado na NDC brasileira, o que comprovam o potencial de mitigação das mudanças climáticas dos SSP.

## 5 CONCLUSÕES

- Os sistemas silvipastoris contribuem para a remoção de  $\text{CO}_2$  atmosférico e seu estoque na forma de biomassa florestal, portanto devem ser incentivados devido à relevância na mitigação das mudanças climáticas;
- As espécies florestais que compõem o sistema silvipastoril influenciam o estoque final de carbono;
- O estoque de carbono nos sistemas avaliados é superior ao estimado na NDC brasileira, portanto devem ser incentivados na política nacional de mudanças climáticas.

## REFERÊNCIAS

- Antimiani, A.; Costantini, V.; Markandya, A.; Paglialunga, E.; Sforza, G. (2017) - The Green Climate Fund as an effective compensatory mechanism in global climate negotiations. *Environmental Science & Policy*, vol. 77, n. 1, p. 49-68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.015>.
- Arato, H. D.; Martins, S. V.; Ferrari, S. H. S. (2003) - Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa – MG. *Revista Árvore*, vol. 27, n. 5, p. 715–721. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000500014>.
- Barreto, A. C.; Fernandes, M. F. (2001) - Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol., 26, n. 10, p. 1287–1293. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001001000011>.
- Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT (2001) *Estimativa da quantidade de carbono fixado pelas florestas plantadas*.
- Caldeira, M. V. W.; Schumacher, M. V.; Neto, R. M. R.; Watzlawick, L. F.; Dos Santos, E. M. (2001) - Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De Wild., procedência batemans, bay – Austrália. *Ciência Florestal*, vol. 11, n. 2, p. 79-91. <https://doi.org/10.5902/198050981657>.
- Campos, A.; Cruz, L.; Rocha, S. (2017) – Mass, nutrient pool, and mineralization of litter and fine roots in a tropical mountain cloud forest. *Science of The Total Environment*, vol. 575, n. 1, p. 876-886. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.126>.



- Castro Neto, F.; Jacovine, L. A. G.; Torres, C. M. M. E.; Oliveira Neto, S. N.; De Castro, M. M.; Villanova, P. H.; Ferreira, G. L. (2017) – Balanço de carbono – viabilidade econômica de dois sistemas agroflorestais em Viçosa, MG. *Floresta e Ambiente*, vol. 24, n. 1, p. 1-9. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.092114>.
- Chase, C. W.; Kimsey, M. J.; Shaw, T. M.; Coleman, M. D. (2016) – The response of light, water, and nutrient availability to pre-commercial thinning in dry inland Douglas-fir forests. *Forest Ecology and Management*, vol., 363, n. 1, p. 98-109. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.014>
- Chen, C.; Liu, W.; Jiang, X.; Wu, J. (2017) – Effects of rubber-based agroforestry systems on soil aggregation and associated soil organic carbon: Implications for land use. *Geoderma*, vol. 299, n. 1, p. 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.03.021>.
- Chen, L.; Mu, X.; Yuan, Z.; Deng, Q.; Chen, Y.; Yuan, L. Y.; Ryan, L. T.; Kallenback, R. L.; (2016) – Soil nutrients and water affect the age-related fine root biomass but not production in two plantation forests on the Loess Plateau, China. *Journal of Arid Environments*, vol. 135, p. 173-180. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.09.003>.
- Cianciaruso, M. V.; Pires, J. S. R.; Delitti, W. B. C.; Silva, É. F. L. P. D. (2006) – Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerrado na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, vol. 20, n. 1, p. 49-59. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100006>.
- Das Neves, C. M. N.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Macedo, R. L. G.; Tokura, A. M. (2004) – Estoque de carbono em sistemas agrossilvipastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 28, n. 5, p. 1038-1046. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000500010>.
- Ferreira, J. S. (2015) – *Estoque de carbono e atividade microbiana em sistemas silvipastoris na zona da mata de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 47 p.
- Ferreira, R. L. C.; Lira Junior, M. D. A.; Rocha, M. S. D.; Santos, M. V. F. D.; Lira, M. D. A.; Barreto, L. P. (2007) – Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). *Revista Árvore*, vol. 31, n. 1, p. 7-12. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000100002>.
- Figueiredo, A. F.; Moraes Ferreira, G. M.; Schaaf Budant, L.; De Figueiredo, D. J. (2003) – Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná. *Ciência florestal*, vol. 13, n. 1, p. 11-18. <https://doi.org/10.5902/198050981718>.

- Gaitán, J. J.; Penón E. A.; Costa, M. C. (2005) – Distribuição de raízes finas de *Eucalyptus globulus* ssp. *maidenii* y su relación com algunas propiedades del suelo. *Ciência Florestal*, vol. 15, n. 1, p. 33-41. <https://doi.org/10.5902/198050981822>.
- Gatto, A.; Barros, N. F.; Novai, R. F.; Da Silva, I. R.; Leite, H. G.; Villani, E. M. D. A. (2011) – Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. *Revista Árvore*, vol. 35, n. 4, p. 895-905. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000500015>.
- Gutmanis, D. (2004) – *Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris*. Tese de Doutorado. São Paulo, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 157 p.
- Kalita, R. M.; Das, A. K.; Nath, A. J. (2015) – Allometric equations for estimating above-and belowground biomass in Tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) agroforestry system of Barak Valley, Assam, northeast India. *Biomass and Bioenergy*, vol. 83, n. 1, p. 42-49. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.08.017>.
- Koo, B (2017) – Preparing hydropower projects for the post-Paris regime: An econometric analysis of the main drivers for registration in the Clean Development Mechanism. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 73, n. 1, p. 868-877. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.095>.
- Kumar, B. M. & Nair, P. K. R. (2011) – *Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems*. Springer, Gainesville, 326 p.
- Lemos, E. C. M.; Vasconcelos, S. S.; Santiago, W. R.; Oliveira Junior, M. C. M.; Souza, C. M. A. (2016) – The responses of soil, litter and root carbon stocks to the conversion of forest regrowth to crop and tree production systems used by smallholder farmers in eastern Amazonia. *Soil Use and Management*, vol. 32, n. 4, p. 504-514. <https://doi.org/10.1111/sum.12308>.
- Marques Filho, W. C.; Barbosa, G. F.; Cardoso, D. L.; Ferreira, A. D.; Pedrinho, D. R.; Bono, J. A. M.; Souza, C. C.; Frainer, D. M. (2017) – Sustentabilidade produtiva em sistema silvipastoril. *Bioscience Journal*, vol. 33, n. 1, p. 10-18. <http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v33n1a2017-32925>.
- Ministério do Meio Ambiente (2017) – *Documento base para subsidiar os diálogos estruturados sobre a elaboração de uma estratégia de implementação e financiamento da contribuição nacionalmente determinada do Brasil ao Acordo de Paris*. Brasília – DF, 275 p.
- Mondani, F.; Aleagha, S.; Khoramivafa, M.; Ghobadi, R. (2017) – Evaluation of greenhouse gases emission based on energy consumption in wheat Agroecosystems. *Energy Reports*, vol. 3, n. 1, p. 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2017.01.002>.
- Müller, M. D.; Fernandes, E. M.; De Castro, C. R. T.; Paciullo, D. S. C.; Alves, F. F. (2009) – Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na zona da mata mineira. *Pesquisa Floresta Brasileira*, vol. 60, n. 1, p. 11-17. <https://doi.org/10.4336/2009.pfb.60.11>.

- Neeff, T. (2013) – How many will attend Paris? UNFCCC COP participation patterns 1995–2015. *Environmental Science & Policy*, vol. 31, n. 1, p. 157-159. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.04.001>.
- Oliveira, E. B.; Ribaski, J.; Zanetti, E. A.; Junior, J. F. P. (2008) – Produção, carbono, e rentabilidade econômica de *Pinus elliotti* e *Eucalyptus grandis* em sistemas silvipastoris no sul do Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, vol. 57, n. 1, p. 45-56.
- Paiva, A. O.; Rezende, A. V.; Pereira, R. S. (2011) – Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. *Revista Árvore*, vol. 35, n. 3, p. 527-538. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000300015>.
- Pan, X.; Den Elzen, M.; Höhne, N.; Teng, F.; Wang, L. (2017) – Exploring fair and ambitious mitigation contributions under the Paris Agreement goals. *Environmental Science & Policy*, vol. 74, n. 1, p. 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.04.020>.
- Pardon, P.; Reubens, B.; Reheul, D.; Mertens, J.; De Frenne, P.; Coussement, T.; Janssens, K.; Verheyen, K. (2017) – Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 247, n. 1, p. 98-111. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.018>.
- Pennam, J.; Gytarsky, M.; Hiraishi, T.; Krug, T.; Kruger, D.; Pipatti, R.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K.; Wagner, F. (2003) – *Good practice guidance for land use, land use change and forestry. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories: programme. Hayama, Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC; The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Kamiyamaguchi Hayama, Kanagawa, Japan. Intitute for Global Enviromental Strategies (IGES).
- Ratuchne, L. C.; Koehler, H. S.; Watzlawick, L. F.; Sanquetta, C. R.; Schamne, P. A. (2016) – Estado da arte na quantificação de biomassa em raízes de formações florestais. *Floresta e Ambiente*, vol. 33, n. 3, p. 450-462. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.131515>.
- República Federativa do Brasil. (2015) – Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima.
- Riofrío, J.; Herrero, C.; Grijalva, J.; Bravo, F. (2015) – Aboveground tree additive biomass models in Ecuadorian highland agroforestry systems. *Biomass and Bioenergy*, vol. 80, n. 1, 252-259. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.05.026>.
- Rittl, T. F.; Oliveira, D.; Cerri, C. E. (2017) – Soil carbon stock changes under different land uses in the Amazon. *Geoderma Regional*, vol. 10, n. 1, p. 138-143. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.07.004>.

- Rocha, S. J. S. S.; Schettini, B. L. S.; Alves, E. B. B. N.; Villanova, P. H.; Torres, C. M. M. E.; Jacovine, L. A. G.; Oliveira Neto, S. N.; Brianezi, D. (2017) – Balanço de carbono em três sistemas silvipastoril no sudeste do Brasil. *Revista Espacios*, vol. 38, n. 39, p. 1-8.
- Silveira, P.; Koehler, H. S.; Sanquetta, C. R.; Arce, J. E. (2008) – O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. *Floresta*, vol. 38, n. 1, p. 185-206. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.131515>.
- Stas, S. M.; Rutishauser, E.; Chave, J.; Anten, N. P.; Laumonier, Y. (2017) – Estimating the aboveground biomass in an old secondary forest on limestone in the Moluccas, Indonesia: Comparing locally developed versus existing allometric models. *Forest Ecology and Management*, vol. 389, n. 1, p. 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.12.010>.
- Torralba, M.; Fagerholm, N.; Burgess, P. J.; Moreno, G.; Plieninger, T. (2016) – Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 230, n. 1, p. 150-161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>.
- Torres, C. M. M. E. (2015) – *Estocagem de carbono e inventário de gases de efeito estufa em sistemas agroflorestais, em Viçosa, MG*. Tese de Doutorado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 97p.
- Torres, C. M. M. E.; Jacovine, L. A. G.; Oliveira Neto, S. N.; Brianezi, D.; Alves, E. B. B. M. (2014) – Sistemas Agroflorestais no Brasil: Uma abordagem sobre a estocagem de carbono. *Pesquisa Florestal Brasileira*, vol. 34, n. 79, p. 235-244. <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.79.633>.
- Torres, C. M. M. E.; Jacovine, L. A. G.; Soares, C. P. B.; Oliveira Neto, S. N.; Santos, R. D.; Castro Neto, F. (2013) – Quantificação de biomassa e estocagem de carbono em uma floresta estacional semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa, MG. *Revista Árvore*, vol. 37, n. 4, p. 647-655. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000400008>.
- Watzlawick, L. F.; Sanquetta, C. R.; Arce, J. E.; Balbinot, R (2005) – Quantificação de biomassa total e carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze no sul do estado do Paraná, Brasil. *Revista Acadêmica: Ciência Animal*, vol. 1, n. 2, p. 63-68.
- Werneck, M. S.; Pedralli, G.; Gieseke, L. F. (2001) – Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na estação ecológica do tripuí, Ouro Preto, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, vol. 24, n. 2, p. 195, -198. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042001000200009>.
- Wink, C.; Reinert, D. J.; Müller, I.; Reichert, J. M.; Jacomet, L. (2013) – A idade das plantações de *Eucalyptus* sp. influenciando os estoques de carbono. *Ciência Florestal*, vol. 23, n. 2, p. 333-343. <http://dx.doi.org/10.5902/198050989279>.

Wink, C.; Reinert, D. J.; Tornquist, C. G.; Silva, I. R. (2015) – Dinâmica do carbono e nitrogênio em plantações de eucalipto no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 39, n. 6, p. 1623-1632. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140182>.

Xue, B. L.; Guo, Q.; Hu, T.; Wang, G.; Wang, Y.; Tao, S.; Zhao, X. (2017) – Evaluation of modeled global vegetation carbon dynamics: Analysis based on global carbon flux and above-ground biomass data. *Ecological Modelling*, vol. 355, n. 1, p. 84-96. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.04.012>