

Artigos

Sistemas silvipastoris com eucalipto: estocagem de carbono em diferentes espaçamentos e clones

Silvopastoral systems with eucalypt: carbon storage in different spacing and clones

Bruno Leão Said Schettini¹, Laércio Antônio Gonçalves Jacovine¹,
Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres¹, Silvio Nolasco de Oliveira Neto¹,
Samuel José Silva Soares da Rocha¹, Paulo Henrique Villanova¹,
Eliana Boaventura Bernardes Moura Alves¹,
Maria Paula Miranda Xavier Rufino¹

¹Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar o uso de diferentes espaçamentos e clones de eucalipto na estocagem de carbono em 6 (seis) sistemas silvipastoris (SSP), localizados em Porto Firme - MG. Em campo foram utilizados experimentos contendo 6 (seis) SSP, com os clones GG100, I144, I224, híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, nos espaçamentos de 6m x 4m e 8m x 4m, nas idades de 60 e 96 meses. O inventário florestal realizado foi do tipo censo, onde todas as árvores tiveram sua circunferência a 1,30 m de altura (CAP) mensuradas e foram separadas em classes diamétricas. O volume foi estimado baseado no modelo Spurr. A densidade da madeira foi calculada pelo método de imersão em água e o estoque de carbono pelo fator de 0,47. O material genético I224, no espaçamento de 6m x 4m, foi aquele com maior potencial de estocagem de carbono. A densidade básica para os três clones, no espaçamento de 6m x 4m, não variou estatisticamente. Porém, no espaçamento de 8m x 4m, para os materiais genéticos GG100 e I224, houve diferença. Foi possível concluir que o material genético I224, no espaçamento 6m x 4m (24 m² por planta) possui o maior potencial de estocagem de carbono e que os SSP com eucalipto contribuem para uma agricultura de baixa emissão de carbono e mitigação das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Dados dendrométricos; Densidade da madeira; Espaçamento; Mudanças climáticas

ABSTRACT

This study aimed to compare the use of different eucalypt spacing and clones in carbon storage in six silvopastoral systems (SSP) located in Porto Firme - MG. Experiments containing six SSP were used in the field, with clones GG100, I144, and I224, hybrids of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, in the spacing of 6m x 4m and 8m x 4m, at the ages of 60 and 96 months. The forest inventory carried out was of the census type, where all the trees had their circumference at 1,30 m in height (CAP) measured and separated into diametric classes. The volume was estimated based on the Spurr model. The wood density was calculated by the method of immersion in water and the carbon stock by the factor of 0,47. The genetic material I224, spaced 6m x 4m, had the highest potential for carbon storage. The basic density for the three clones, in 6m x 4m spacing, did not vary statistically, however, in 8m x 4m spacing, for the genetic materials GG100 and I224, there was a difference. It was possible to conclude that the genetic material I224, in 6m x 4m spacing (24 m² per plant), has the highest potential for carbon storage and that SSP with eucalypt contributes to low-carbon agriculture and mitigation of climate change.

Keywords: Dendrometric database; Wood density; Spacing; Climate change

1 INTRODUÇÃO

O aumento das emissões dos principais gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (CH₄, CO₂ e N₂O) provoca as mudanças climáticas em escala global (VOLKOVA *et al.*, 2019). A concentração dos GEE na atmosfera começou a aumentar drasticamente a partir da década de 1950, com a industrialização mundial, o que motivou as reuniões internacionais sobre o clima (JOHN *et al.*, 2020), que são realizadas há mais de duas décadas (WANG *et al.*, 2020), com resultados modestos nas metas de redução das emissões de GEE (LUCON *et al.*, 2013).

Os líderes das nações mais importantes do mundo, na década de 1990, tentaram mudar esse cenário com o Protocolo de Kyoto, quando as nações ricas firmaram o compromisso de reduzir as emissões de GEE. O problema desse protocolo era que apenas os países desenvolvidos tinham a obrigação de reduzir suas emissões. Como resultado, o primeiro período do Protocolo de Kyoto foi encerrado em 2012 (MIYAMOTO; TAKEUCHI, 2019).

Em 2009, o governo brasileiro, na Conferência das Partes (COP), publicou seu acordo voluntário para reduzir as emissões de GEE, com novas metas. Em 2012, os líderes das nações mais importantes começaram a redigir um novo acordo climático oficial e em 2015 assinaram o Acordo de Paris, no qual países ricos e pobres têm o objetivo de reduzir as emissões. A meta do governo brasileiro é reduzir as emissões de GEE em 37,9 - 40,1% em relação às emissões de 2005. Para atingir essa meta são necessárias mudanças no setor de energia, parar o desmatamento ilegal na Floresta Amazônica e aumentar a agricultura de baixo carbono. Porém, embora seja um dos países desenvolvidos, o Brasil precisa de recursos para se converter em uma sociedade de desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2015).

O setor florestal é importante para o cumprimento da meta, que inclui a proposta de acabar com o desmatamento ilegal da Amazônia até 2030 e o fortalecimento do Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC). Esse plano visa incentivar a instalação de cinco milhões de hectares de sistemas agroflorestais (SAFs) com potencial de mitigação entre 18-22 GgCO_{2e} (BRASIL, 2015). Os sistemas silvipastoris (SSPs), incluídos nas modalidades dos SAFs, utilizam árvores, animais e pastagens de maneira simultânea (NAIR, 2014) e funcionam como potenciais sumidouros de carbono. SSPs são SAFs que podem reduzir e compensar as emissões de GEE do setor agrícola brasileiro, principalmente por meio da integração da pecuária com as árvores plantadas (GOMES *et al.*, 2020).

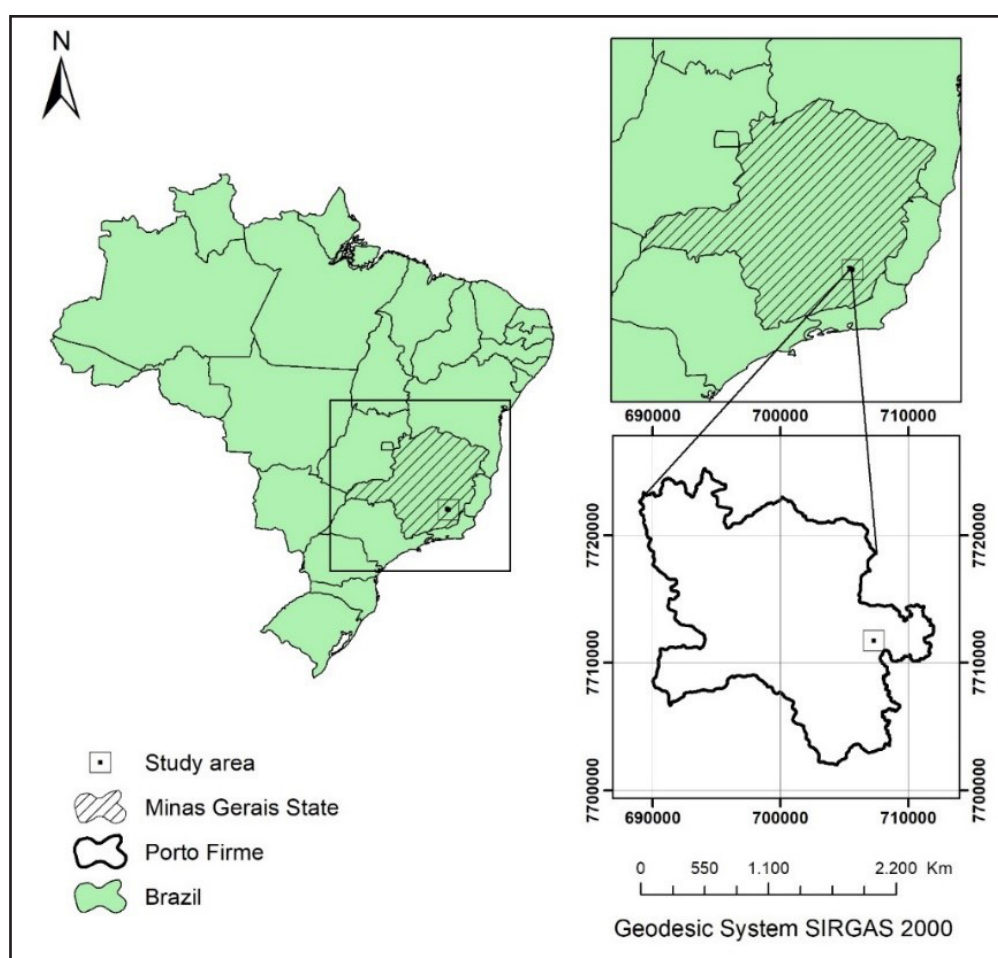
Por isso, são necessários estudos relacionados ao estoque de carbono em SSP's que avaliem como os diferentes materiais genéticos e espaçamentos influenciam a estocagem de carbono. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi comparar diferentes clones de eucalipto e espaçamentos na estocagem de carbono em diferentes sistemas silvipastoris.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado em 6 sistemas silvipastoris, em diferentes idades, em uma propriedade rural localizada na cidade de Porto Firme ($20^{\circ} 41'12,42'' S$ e $43^{\circ} 0'34,46'' O$), Minas Gerais, Brasil (Figura 1). O clima na região é do tipo Cwa, segundo o sistema de Köppen, ou seja, subtropical com inverno seco e verão quente e chuvoso (ROLIM *et al.*, 2007). A precipitação média mensal na região é de 110 mm e o total anual de 1.373 mm.

Figura 1 – Localização dos sistemas silvipastoris em Porto Firme, Minas Gerais, Brasil



Fonte: Autores (2021)

O componente arbóreo, em todos os sistemas, foi formado por clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*; o componente forrageiro por *Brachiaria decumbens*; e o componente animal foi o gado de corte, na quantidade de um animal ha⁻¹ (Tabela 1). A adubação de plantio foi feita com a aplicação de 200 g de NPK na formulação 6-30-6; e a adubação de cobertura, 60 dias após o plantio, com a aplicação de 200g de NPK na formulação 20-00-20. A adubação da pastagem foi de 2 ton ha⁻¹ de calcário.

Tabela 1 – Caracterização dos sistemas silvipastoris estudados

Sistema	Espaçamento (m)	Área útil por planta (m ²)	Clone	Área (ha)	Idade (meses)
1	6x4	24	GG100	1,70	96
2	6x4	24	I144	0,85	96
3	6x4	24	I224	1,13	96
4	8x4	32	GG100	3,10	60
5	6x4	24	I144	2,94	60
6	8x4	32	I224	3,60	96

Fonte: Autores (2021)

2.2 Inventário florestal, densidade da madeira e estocagem de carbono

O diâmetro à altura do peito (DAP), a 1,30m do solo, foi obtido por meio de inventário florestal do tipo censo. Três árvores por centro de classe (que variam de 12 a 18 árvores por sistema, em função da distribuição diamétrica), amostragem usualmente utilizada para plantios clonais de Eucalipto, foram selecionadas por sistema silvipastoril e submetidas à cubagem rigorosa. O volume total com a casca das árvores foi determinado pelo método não destrutivo, aplicando-se sucessivamente a expressão de Smalian. Os diâmetros em alturas de 0; 0,3; 0,7; e 1,3 m foram mensurados até o limite de 6,5 cm com auxílio do pentaprisma de Wheeler; a partir desse valor o volume foi calculado considerando o restante do fuste como um cone.

O volume de madeira foi calculado baseado em dois diferentes modelos, Schumacher & Hall (1933) e Spurr (1955), de acordo com as seguintes equações:

$$V = \beta_0 * DAP^{\beta_1} * Ht^{\beta_2} + \varepsilon \quad (1)$$

Onde: V – Volume total, em m³; β_0 , β_1 , β_2 – parâmetros do modelo; DAP – diâmetro a 1,30 m de altura, em cm; Ht – altura total da árvore, em m e ε – erro aleatório.

$$V = \beta_0 * (DAP^2 * Ht) * \beta_1 + \varepsilon \quad (2)$$

Onde: V – Volume total, em m³; β_0 e β_1 – parâmetros do modelo; DAP – diâmetro a 1,30 m de altura, em cm; Ht – altura total da árvore, em m e ε – erro aleatório.

As análises estatísticas foram realizadas com o software estatístico R (R Core Team 2013). As melhores equações foram baseadas nas análises dos seguintes itens: R_{2adj} (coeficiente de determinação empírico ajustado) e $S_{y,x}$ erro relativo.

A densidade básica da madeira foi determinada a partir de amostras coletadas no DAP, em 5 árvores por classe de diâmetro, com auxílio de um trado manual. O método utilizado para determinar a densidade básica da madeira foi o método de imersão em água (ABNT, 2003). A biomassa do tronco foi obtida multiplicando o volume (com sua casca) pela densidade básica da madeira. O estoque de carbono no fuste da árvore de cada indivíduo foi obtido multiplicando-se os valores de biomassa pelo fator 0,47. A densidade da madeira e o estoque de carbono, em cada um dos sistemas, foi comparada pelo Teste de Tukey a nível de significância de 95%.

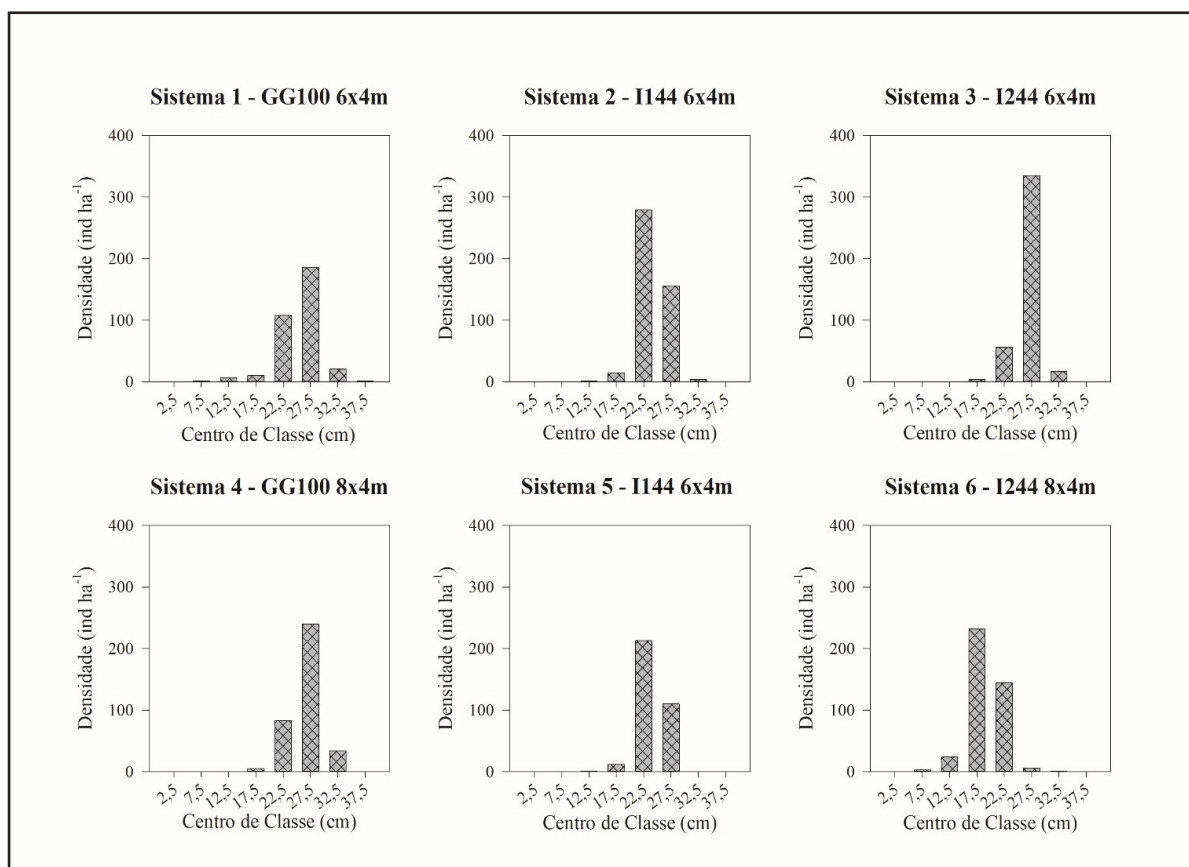
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características dos sistemas

A distribuição diamétrica nos sistemas estudados foi similar, com a maioria das árvores presentes nos centros de classes de 22,5 e 27,5 cm. O sistema 6, com material genético I224 no espaçamento 8x4, teve comportamento diferente, com a maioria dos indivíduos no centro de classe de 17,5 cm, o que se deve à competição dos indivíduos por luz e nutrientes.

O comportamento dos indivíduos em cada um dos sistemas segue a distribuição normal, que é o esperado para plantios homogêneos clonais. Resultado similar ao do presente estudo foi observado por Oliveira Neto *et al.* (2010). Ao avaliarem a distribuição diamétrica de um povoamento de eucalipto, aos 32 meses de idade, em diferentes arranjos, constataram que em espaçamentos mais amplos há maior número de indivíduos pertencentes às maiores classes de diâmetro.

Figura 2 – Número de indivíduos nos centros de classe de cada um dos sistemas estudados



Fonte: Autores (2021)

3.2 Escolha do modelo volumétrico a ser usado em cada sistema

O modelo de Schumacher e Hall apresentou inconsistência, em 5 dos 6 sistemas avaliados, associadas ao parâmetro β_2 , associado à variável altura total, o

que impossibilita o seu uso. As equações utilizadas foram baseadas no modelo de Spurr, que apresentaram ajuste adequado, de acordo com a análise de R_{2adj} e $S_{y,x}$ e não tiveram inconsistências (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparativo dos ajustes das equações volumétricas, baseadas nos modelos de Schumacher e Hall e Spurr, para os 6 sistemas avaliados

Sistema	Clone	Modelo	β_0	β_1	β_2	R_{2adj} (%)	$S_{y,x}$
1	GG100	Schumacher	0,000521	3,024481	-0,854753	95,98	0,0845
		Spurr	0,000040	0,956600	-	89,43	0,1371
2	I144	Schumacher	0,000255	2,705400	-0,345630	95,58	0,0501
		Spurr	0,000143	0,829592	-	92,23	0,0665
3	I224	Schumacher	0,000027	0,005648	-2,742000	84,36	0,0765
		Spurr	0,000724	0,649855	-	84,06	0,0773
4	GG100	Schumacher	0,000001	0,587600	-3,063000	89,98	0,0734
		Spurr	0,000048	0,919400	-	89,44	0,0753
5	I144	Schumacher	0,000240	2,650000	-0,325000	99,17	0,1464
		Spurr	0,000050	0,910015	-	98,27	0,2273
6	I224	Schumacher	0,000001	0,585600	3,063000	90,90	0,2005
		Spurr	0,000048	0,919400	-	90,40	0,2002

Fonte: Autores (2021)

O valor negativo ao parâmetro β_2 impossibilita o uso do modelo de Schumacher e Hall, pois indica que quanto maior a altura da árvore, menor será o volume de madeira, o que caracteriza uma inconsistência biológica.

3.3 Efeito do espaçamento na densidade da madeira e estocagem de carbono

Não houve diferença estatística da densidade básica da madeira e estoque de carbono, quando comparada pelo Teste de Tukey, para o clone GG100 nos dois espaçamentos (Tabela 3). Cenário diferente do observado para o material genético I224, em que houve diferença estatística.

Diversos estudos foram realizados sobre o comportamento da densidade básica da madeira em plantios de eucalipto ao longo dos anos. Torres *et al.* (2016), ao compararem a densidade básica da madeira em sistemas silvipastoris em Viçosa-MG, com diferentes arranjos espaciais, para um mesmo híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, observaram que não houve diferença estatística entre os arranjos espaciais de 12 x 3 ($0,43 \text{ g cm}^{-3}$) e 8 x 3m ($0,43 \text{ g cm}^{-3}$), mas que eles diferiram estatisticamente pelo Teste de Tukey a 95% de significância, quando comparados com o espaçamento de 9 x 1m ($0,40 \text{ g cm}^{-3}$). Essa diferença pode ser justificada pela maior competição por nutrientes em espaçamentos mais reduzidos.

Tabela 3 – Comparativo dos resultados obtidos nos sistemas 1, 4, 3 e 6 que possuem o mesmo material genético, porém em espaçamentos distintos

Sistema	Espaçamento	Clone	Volume	IMA	Densidade	Biomassa	Carbono	IMA _c
1	6x4	GG100	186,51	23,31	0,4732 a	88,25	41,48	5,18 a
4	8x4	GG100	193,70	24,20	0,4669 a	90,50	42,50	5,31 a
3	6x4	I224	229,50	28,70	0,4641 a	106,50	50,10	6,26 a
6	8x4	I224	125,18	25,04	0,3426 b	42,80	20,12	3,35 b

Fonte: Autores (2021)

Em que: Espaçamento, em m; Volume, em $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$; IMA = Incremento médio anual, em $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; Densidade, em g cm^{-3} ; Biomassa, em ton ha^{-1} ; Carbono, em ton ha^{-1} ; e IMA_c= Incremento médio anual em carbono, em $\text{ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

O estoque de carbono não variou estatisticamente para o material genético GG100; resultado diferente ao observado para o clone I224. Essa variação entre o estoque de carbono entre os dois materiais genéticos, nos diferentes espaçamentos, é explicada pela estagnação de crescimento do plantio ao longo dos anos. Villanova *et al.* (2018), ao avaliarem a curva de crescimento e estoque de carbono em 3 sistemas silvipastoris, na Zona da Mata de Minas Gerais, com diferentes híbridos de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*), observaram que a idade

de estabilização do crescimento em carbono variou entre 80 e 100 meses, para os diferentes sistemas, o que corrobora com o resultado do presente estudo.

Ao longo dos anos, a diferença entre os sistemas 1 e 4 pode ser maior, e o estoque de carbono no sistema 6 pode superar o do sistema 3, uma vez que arranjos espaciais mais amplos propiciam maior potencial de crescimento às plantas, em virtude da menor competição por recursos e nutrientes, o que ocasiona menor taxa de mortalidade e de árvores dominadas, sistemas silvipastoris com Eucalipto (SOUZA *et al.*, 2020).

3.4 Efeito do material genético de eucalipto na estocagem de carbono

Não ocorreu diferença significativa na estocagem de carbono para os materiais genéticos avaliados (GG100 e I144) no espaçamento de 6 x 4 m. O estoque de carbono para os clones GG100 e I224, no espaçamento de 8 x 4m, foram diferentes quando comparados pelo Teste de Tukey (Tabela 4).

Tabela 4 – Comparativo dos resultados obtidos nos sistemas 1, 2, 3, 4 e 6 que possuem o mesmo arranjo espacial, porém com materiais genéticos distintos

Sistema	Espaçamento	Clone	Volume	IMA	Densidade	Biomassa	Carbono	IMA _c
1	6x4	GG100	186,51	23,31	0,4732 a	88,25	41,48	5,18 a
2	6x4	I144	205,20	25,70	0,4445 a	91,40	43,00	5,37 a
3	6x4	I224	229,50	28,70	0,4641 a	106,50	50,10	6,26 b
4	8x4	GG100	193,70	24,20	0,4669 a	90,50	42,50	5,31 a
6	8x4	I224	125,18	25,04	0,3426 b	42,80	20,12	3,35 b

Fonte: Autores (2021)

Em que: Espaçamento, em m; Volume, em m³ ha⁻¹; IMA = Incremento médio anual, em m³ ha⁻¹ ano⁻¹; Densidade, em g cm³-1; Biomassa, em ton ha⁻¹; Carbono, em ton ha⁻¹; e IMA_c = Incremento médio anual em carbono, em ton ha⁻¹ ano⁻¹. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

A maior concentração de indivíduos ha⁻¹ no centro de classe de 27,5 cm no sistema 3 (material genético I224) explica o maior volume de madeira deste sistema

em relação aos sistemas 1 e 2, que tiveram comportamento similar na distribuição diamétrica. Apesar de não haver diferença estatística entre a densidade básica da madeira entre os três sistemas, a maior produção de madeira fez com que o estoque de carbono fosse superior no sistema 3, e diferente estatisticamente.

O estoque de carbono em um SSP com um híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, no espaçamento de 8 x 3m, aos 44 meses, na região da Zona da Mata de Minas Gerais, teve o IMA_c de 3,13 ton ha⁻¹ ano⁻¹. Valor este inferior aos sistemas do presente estudo. Essa diferença pode ser justificada pelos diferentes espaçamentos e idades entre os SSP. O mesmo estudo avaliou o estoque de carbono em um sistema agrossilvipastoril (SASP), também com um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, no espaçamento de 8 x 3m, e o cultivo de feijão implantado no primeiro ano do sistema, com IMA_c de 3,79 ton ha⁻¹ ano⁻¹. A diferença de estoque de carbono entre o SSP e o SASP, segundo os autores, é decorrente dos restos culturais do feijão, presente na área após a colheita (CASTRO NETO *et al.*, 2017). Em um SSP misto, aos 10 anos de idade, que o componente arbóreo foi dividido em *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*, o estoque de carbono total foi de 14,29 ton C ha⁻¹ (78,12% presente no plantio de Eucalipto), o que evidencia a diferença de estocagem entre as espécies, que devem ser consideradas em função da destinação da madeira e tempo esperado para o retorno financeiro (MULLER *et al.*, 2009).

Em sistemas silvipastoris, utilizando *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, no município de Alegrete, RS, aos 21 anos, o estoque de carbono, para densidade inicial de 500, 1.000 e 1.111 árvores por hectare de cada espécie, foi de 134,6; 150,8; e 182,9 ton C ha⁻¹, respectivamente, resultando nos IMA_c de 6,40, 7,18 e 8,70t C ha⁻¹ ano⁻¹ (OLIVEIRA, 2010). Esses valores são superiores aos encontrados no presente estudo, o que é justificado pela realização de desbastes (2 para o Pinus e 4 para o Eucalipto). Os desbastes favorecem o crescimento das árvores remanescentes no povoamento e aumento no estoque de carbono (MONTE *et al.*, 2009). O estoque de carbono de 2 SSP, com híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, no espaçamento de 9x1 e

12x3m, foram capazes de neutralizar as emissões de GEE do sistema, o que ressalta a importância deste tipo de sistema no atual cenário brasileiro de uma agricultura com baixa emissão de GEE (TORRES *et al.*, 2017).

Os SSP avaliados no presente estudo têm potencial de mitigação superior ao estabelecido pelo governo brasileiro na NDC do Acordo de Paris, o que ressalta a importância dos SSP no abatimento das metas brasileiras de redução das emissões de GEE. Os estoques de carbono dos sistemas estudados são similares entre si – com o clone I224 no espaçamento de 6x4m (24 m² de área útil por planta) tendo o maior estoque de carbono – e com os estudos encontrados na literatura. Porém, o material genético e o arranjo espacial devem ser levados em consideração, pois têm influência sobre o estoque final de carbono do componente arbóreo. Os SAFs possuem contribuição para a estocagem de carbono, devendo, assim, serem incentivados pelo governo para auxiliar no cumprimento das metas de redução de emissões de gases de efeito estufa.

4 CONCLUSÕES

O material genético I224, no espaçamento 6 x 4m (24m² por planta), possui o maior potencial de estocagem de carbono para os clones de eucalipto avaliados.

Não existe diferença entre o potencial de estocagem de carbono dos materiais genéticos GG100 e I144, no espaçamento 6 x 4m (24m² por planta).

O material genético não influencia estatisticamente a densidade da madeira e estocagem de carbono para o clone GG100, nos espaçamentos de 6 x 4m (24m² por planta) e 8 x 4m (32m² por planta).

O material genético influencia estatisticamente a densidade da madeira e estocagem de carbono para o clone I224, nos espaçamentos de 6 x 4m (24m² por planta) e 8 x 4m (32m² por planta).

O estoque de carbono dos 6 SSP's avaliados, com clones de eucalipto, é superior ao estabelecido pelo governo brasileiro no Acordo de Paris.

Os estoques de carbono dos sistemas estudados são similares entre si e com os estudos encontrados na literatura. Porém, o material genético e o arranjo espacial devem ser levados em consideração, pois têm influência sobre o estoque final de carbono do componente arbóreo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR. 16001**. Responsabilidade social– sistema de gestão–requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BRASIL. **Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Itamaraty, 2015. Disponível em: www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf. Acesso em: 10 jan. 2016.

CASTRO NETO, F.; JACOVINE, L. A. G.; TORRES, C. M. M. E.; OLIVEIRA NETO, S. N.; CASTRO, M. M.; VILLANOVA, P. H.; FERREIRA, G. L. Balanço de Carbono – Viabilidade Econômica de Dois Sistemas Agroflorestais em Viçosa, MG. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 1-12, 2017. DOI 10.1590/2179-8087.092114

GOMES, F. J.; BOSI, C.; PEDREIRA, B. C.; SANTOS, P. M.; PEDREIRA, C. G. S. Parameterization of the APSIM model for simulating palisadegrass growth under continuous stocking in monoculture and in a silvopastoral system. **Agricultural System**, v. 184, n. 1, p. 102876, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102876>. Acesso em: 11 dez. 2020.

JOHN, K.; JANZ, B.; KIESE, R.; WASSMANN, R.; ZAITSEV, A. S.; WOLTERS, V. Earthworms offset straw-induced increase of greenhouse gas emission in upland rice production. **Science of the Total Environment**, v. 710, n. 1, p. 136352, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136352>. Acesso em: 11 dez. 2020.

LUCON, O.; ROMEIRO, V.; PACCA, S. Reflections on the international climate change negotiations: A synthesis of a working group on carbon emission policy and regulation in Brazil. **Energy Policy**, v. 59, n. 1, p. 938-941, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.058>. Acesso em: 10 jan. 2016.

MIYAMOTO, M.; TAKEUCHI, K. Climate agreement and technology diffusion: Impact of the Kyoto Protocol on international patent applications for renewable energy Technologies. **Energy Policy**, v. 129, n. 1, p. 1331-1338, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.053>. Acesso em: 11 dez. 2020.

MONTE, M. A. et al. Crescimento de um clone de eucalipto submetido à desrama e desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 777-787, 2009.

MÜLLER, M. D. et al. Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 60, n. 60, p. 11-17, 2009.

NAIR, P. K. R. **Agroforestry: Practices and Systems**. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems, v. 2. Amsterdam: Elsevier; 2014.

OLIVEIRANETO, S. N. de *et al.* Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de Cerrado de Minas Gerais. **Revista Floresta**, v. 40, n. 4, p. 755-762, 2010.

OLIVEIRA, E. B. *et al.* Produção, Carbono e Rentabilidade Econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em Sistemas Silvistoris no Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 57, n. 57, p. 45, 2010.

ROLIM, S. G.; DE CAMARGO, P. B. M.; LANIA, G. D.; DE MOARES, L. F. J. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>. Acesso em: 10 jan. 2016.

SOUZA, H. S.; LOPES, A. S.; BARETTA, M. C.; SANTOS, J. O. P.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Crescimento de eucalipto em diferentes arranjos espaciais de sistemas silvipastoris no município de Santa Rita do Trivelato – Mato Grosso. **Advanced in Forestry Science**, v. 7, n. 1, p. 847-853, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v7i1.5511>. Acesso em: 11 dez. 2020.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A.; OLIVEIRA NETO, S. N.; FRAISSE, C. W.; SOARES, C. P. B.; CASTRO NETO, F.; FERREIRA, L. R.; ZANUNCIO, J. C.; LEMES, P. G. Green house gas emissions and carbono sequestration by agroforestry systems in South Eastern Brazil. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 16738, 2017. DOI 10.1038/s41598-017-16821-4

TORRES, C. M. M. E.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; JACOVINE, L. A. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; CARNEIRO, A. C. O.; TORRES, C. M. M. E. Estimativas de produção e propriedades da madeira de eucalipto em Sistemas Agroflorestais. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 137-148. DOI 10.18671/scifor.v44n109.13

VILLANOVA, P. H.; JACOVINE, L. A. G.; TORRES, C. M. M. E.; ALVES, E. B. B. M.; OLIVEIRA NETO, S. N.; LEITE, H. G.; SCHETTINI, B. L. S.; ROCHA, S. J. S. S. Accumulation of carbon and age of thinning of the tree component in agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 2, p. 1-6, 2018. DOI 10.5039/agraria.v13i2a5526

VOLKOVA, L.; ROXBURGH, S. H.; SURAWSKI, N. C.; MEYER, C. P.; WESTON, C. J. Improving reporting of national greenhouse gas emissions from forest fires for emission reduction benefits: An example from Australia. **Environmental Science & Policy**, v. 94, n. 1, p. 49-62, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.023>. Acesso em: 11 dez. 2020.

WANG, X.; YU, Y.; LIN, L. Tweeting the United Nations Climate Change Conference in Paris (COP21): An analysis of a social network and factors determining the network influence. **Online Social Networks and Media**, v. 15, n. 1, p. 100059, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.osnem.2019.100059>. Acesso em: 11 dez. 2020.

Contribuição de Autoria

1 – Bruno Leão Said Schettini

Engenheiro Florestal, Me., Doutorando

<https://orcid.org/0000-0001-6510-4511> • bruno.schettini@ufv.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia

2 – Laércio Antônio Gonçalves Jacovine

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-5485-3090> • jacovine@ufv.br

Contribuição: Conceituação, Análise Formal, Metodologia, Supervisão, Validação, Escrita – revisão e edição

3 – Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0003-0255-2637> • carlos.eleto@ufv.br

Contribuição: Conceituação, Análise Formal, Metodologia, Supervisão, Validação, Escrita – revisão e edição

4 – Silvio Nolasco de Oliveira Neto

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0003-0182-5322> • snolasco@ufv.br

Contribuição: Conceituação, Análise Formal, Metodologia, Supervisão, Validação, Escrita – revisão e edição

5 – Samuel José Silva Soares da Rocha

Engenheiro Florestal, Me., Doutorando

<https://orcid.org/0000-0001-6686-1936> • samuel.rocha@ufv.br

Contribuição: Investigação, Visualização de dados, Escrita – revisão e edição

6 – Paulo Henrique Villanova

Engenheiro Florestal, Me., Doutorando

<https://orcid.org/0000-0002-4187-2740> • paulo.villanova@ufv.br

Contribuição: Investigação, Visualização de dados, Escrita – revisão e edição

7 – Eliana Boaventura Bernardes Moura Alves

Engenheira Florestal, Pesquisadora

<https://orcid.org/0000-0003-2988-2345> • eliana.moura@ufv.br

Contribuição: Investigação, Visualização de dados, Escrita – revisão e edição

8 – Maria Paula Miranda Xavier Rufino

Engenheira Florestal, Mestranda

<https://orcid.org/0000-0001-6594-2152> • maria.rufino@ufv.br

Contribuição: Investigação, Visualização de dados, Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

Schettini, B. R. L.; Jacovine, L. A. G.; Torres, C. M. M. E.; Oliveira Neto, S. N.; Rocha, S. J. S. S.; Villanova, P. H.; Alves, E. B. B. M.; Rufino, M. P. M. X. Sistemas silvipastoris com eucalipto: estocagem de carbono em diferentes espaçamentos e clones. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 1047-1062, 2021. DOI 10.5902/1980509825281. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509825281>. Acesso em: xx mês-abreviado 2021.