

# ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMA SILVIPASTORIL NO SUL DO ESTADO DE GOIÁS

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 13ª edição, de 26/08/2024 a 30/08/2024  
ISBN dos Anais: 978-65-5465-112-7

**SIQUEIRA; Matheus Mentone de Britto <sup>1</sup>, CALIL; Francine Neves <sup>2</sup>**

## RESUMO

### ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMA SILVIPASTORIL NO SUL DO ESTADO DE GOIÁS

**MATHEUS MENTONE DE BRITTO SIQUEIRA** - Engenheiro Florestal. Mestrando em Agronegócio - Universidade Federal de Goiás. matheusmentone@discente.ufg.br

**FRANCINE NEVES CALIL** - Engenheira Florestal. Docente na Universidade Federal de Goiás. francine@ufg.br

## RESUMO

Os SSP podem ter um papel importante na mitigação da mudança climática ao reduzir a emissão de gases de efeito estufa por unidade de produto animal. A presente investigação teve como objetivo quantificar o papel do componente arbóreo na produção de biomassa e estoque médio anual de carbono e CO<sub>2</sub> eq. em um sistema silvipastoril no sul do estado de Goiás. O SSP ocupa 3 hectares da fazenda e a densidade de plantio é de 516 árvores por hectare. Foi realizado um inventário florestal 32 meses após o plantio, no qual foram mensurados o diâmetro a altura do peito, e a altura total da árvore em 100 árvores. Foram estimados a biomassa arbórea acima do solo, o estoque médio anual de carbono e o estoque médio anual de dióxido de carbono equivalente. O estoque médio anual de carbono foi estimado em 2,11 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto o estoque de CO<sub>2</sub> equivalente foi de 7,77 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. O estudo constatou a capacidade de mitigação de GEE pelo componente florestal em sistemas que envolvem o componente animal.

## 1. INTRODUÇÃO

O Sistema Silvipastoril (SSP) é um termo que engloba diferentes modelos de sistemas agroflorestais que integram plantas forrageiras com arbustos e árvores com finalidades ambientais, econômicas e sociais (MURGUEITIO et al., 2011; IBRAHIM et al., 2010). Segundo Agethen et al. (2024) em regiões tropicais estes sistemas são alternativas ao manejo convencional de pastagens com oportunidades em relação a mudança climática, produtividade sustentável e restauração da paisagem. Segundo Paula et al. (2013) às grandes extensões de pastagens degradadas no Brasil podem ser melhoradas com a adoção de SSP.

No Brasil os arranjos dos componentes produtivos em um SSP são diversos e variam em relação às espécies forrageiras e arbóreas, a densidade de plantio e o espaçamento entre árvores. Esses elementos são definidos de acordo com os objetivos dos produtores, capacidade de suporte do local, questões edafoclimáticas, os recursos genéticos disponíveis e adaptados às condições locais e ao maquinário disponível (PAULA ET AL., 2013).

Os SSP's podem ter um papel importante na mitigação da mudança climática ao reduzir a emissão de gases de efeito estufa por unidade de produto animal devido à maior eficiência de produção animal e ao armazenar carbono no solo e na biomassa do componente florestal (CHAPMAN et al., 2020; CHARÁ et al., 2018; IBRAHIM ET AL., 2010).

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, matheusmentone@discente.ufg.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás, francine@ufg.br

Apesar do potencial mitigador, Feliciano et al. (2018) aponta que as estimativas regionais do potencial de mitigação dos sistemas agroflorestais são escassas, havendo diferenças significativas em relação às conformações dos sistemas produtivos. Neste sentido a presente investigação teve como objetivo quantificar o papel do componente arbóreo (*Corymbia citriodora* x *C. torelliana*, clone AEC 043) na produção de biomassa e estoque médio anual de carbono e CO<sub>2</sub> eq. em um SSP no sul do estado de Goiás.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Caracterização da Área de Estudo**

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Santa Bárbara, localizada no município de Quirinópolis, Estado de Goiás, região Centro-Oeste do Brasil, bioma Cerrado (-18°21'51,3''S e 50°45'18,7''W). O clima é classificado como Aw segundo Köppen-Geiger tropical de savana com verão chuvoso e inverno seco bem definidos com precipitação média anual é de 1531 mm e temperatura média anual é de 24.3°C.

A fazenda possui área total de 48 ha, sendo 44 ha destinados a pastagem para criação de bovinos leiteiros e 4 ha destinados a mata nativa. O solo onde foi estabelecido o SSP é um latossolo arenoso, teor de argila ~ 22%, teor de silte ~4,2% e teor de areia ~73%. Esta propriedade foi escolhida pois a área é uma Unidade de Referência Tecnológica (URT) considerando sistemas integrados de produção onde ao longo dos anos vem sendo acompanhada por pesquisadores da Embrapa, Universidade Federal de Goiás e extensionistas da Emater-GO.

### **2.2 Histórico e Arranjo do IPF**

O SSP foi implementado em fevereiro de 2016, em uma área de 3 ha de pasto capim Tanzânia *Megathyrus maximus* cv. Tanzânia. Foram plantadas 1.548 árvores de eucalipto (*Corymbia citriodora* x *C. torelliana*, clone AEC 043) em renques de quatro linhas espaçadas de 3,0 m entre linhas, 2,5 m entre árvores e 22,0 m entre renques, conforme Pacheco *et al.* (2019), ocupando 35,5% da área destinada ao SSP e representando 516 árvores por hectare (ha). Para o plantio das mudas foi realizado o coveamento com um coveador motriz como medida de descompactação/revolvimento do solo. Na área destinada aos renques de árvores foram aplicadas 0,78 toneladas de calcário dolomítico. As mudas arbóreas foram fertilizadas com 150g de adubo Superfosfato Simples em cada cova antes do plantio das mudas, após 30 dias foi aplicado 100g de N-P-K 20-00-20 por planta e ao final do período chuvoso foi aplicado 10g de ácido bórico (17%) por muda.

Os bovinos leiteiros foram privados ao acesso a área destinada ao SSP por aproximadamente 1,5 ano (18 meses) o que proporcionou a recuperação da pastagem com boa produção de biomassa e o estabelecimento do componente arbóreo visando a sinergia entre os bovinos e as árvores.

### **2.3 Coleta de dados**

Foi realizado um inventário florestal em setembro de 2018, 32 meses após o plantio, no qual foram mensurados o diâmetro a altura do peito (DAP), utilizando uma suta, e a altura total da árvore (Ht), utilizando o clinômetro eletrônico Haglof, em 100 árvores através do método de caminhamento, excluindo as bordas.

### **2.4 Biomassa e Estoque de Carbono**

Para estimar a biomassa arbórea acima do solo por ha (B) foram utilizados o volume total por ha

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, matheusmentone@discente.ufg.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás, francine@ufg.br

(V) e a densidade básica da madeira (DBM) [1]. Para o cálculo do V, inicialmente, multiplicou-se o volume cilíndrico individual das árvores (Diâmetro a altura do peito (DAP) x altura (H)) pelo fator de forma considerado como 0,55, resultando no volume individual das árvores ( $V_i$ ) [2], posteriormente calculou-se a média dos volumes individuais e por fim multiplicou por 516 [3]. A densidade básica da madeira (DBM) ( $\text{kg m}^{-3}$ ) utilizada neste estudo, foi determinada em estudo anterior utilizando o preconizado na NBR 11941/2003 (ABNT, 2003), onde determinou-se que a DBM das árvores foi de  $520 \text{ kg m}^{-3}$ .

Para estimar o teor de carbono estocado na biomassa das árvores (C) (fustes) por ha, multiplicou-se a B ( $\text{kg m}^{-3}$ ) pelo teor 0,47 de carbono contido na biomassa, como é o recomendado por Penman et al. (2003) [4]. O estoque médio anual de C (EMAc) por ha foi calculado dividindo o C por 36 (idade das árvores em meses) e posteriormente multiplicando por 12 meses [5]. Para o cálculo do estoque médio de  $\text{CO}_2$  eq. ( $\text{EMAc}_{\text{CO}_2}$  eq.) por ha multiplicou-se o teor de carbono por 3,67 obtido em função dos pesos moleculares do carbono e do  $\text{CO}_2$  [6] (RÜGNITZ et al., 2009). As equações utilizadas estão descritas na tabela 1.

Tabela 1: Equações utilizadas para estimar biomassa acumulada, estoque de C e  $\text{CO}_2$  equivalente.

Variável	Equação	Unidade de medida
Biomassa arbórea acima do solo (B) [1]	$V \times \text{DBM}$	$\text{kg ha}^{-1}$
Volume individual ( $V_i$ ) [2]	$\text{DAP} \times \text{H} \times 0,55$	$\text{m}^3$
Volume total por ha (V) [3]	$V_i \times 516$	$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$
Carbono estocado na biomassa [4]	$B \times 0,47$	$\text{kg ha}^{-1}$
Estoque médio anual de C (EMAc) [5]	$(C/36) \times 12$	$\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$
Estoque Médio de $\text{CO}_2$ eq. ( $\text{EMAc}_{\text{CO}_2}$ eq.) [6]	$\text{EMAc} \times 3,67$	$\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Características dendrométricas

O diâmetro médio das árvores aos 32 meses de idade do SSP foi de  $9,49 \pm 1,8$  cm. Em relação à distribuição diamétrica, 18% das árvores estão presentes na classe entre 7,95 e 8,7 cm. A altura

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, matheusmentone@discente.ufg.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás, francine@ufg.br

mínima das árvores foi de 6,9 m, a máxima de 14 m e a média foi de  $10,697 \pm 1,52$  m. As classes de altura com maior frequência foram de 10,45 a 11,16 e 11,16 a 11,87 com 17% dos indivíduos em cada classe. O DAP médio está próximo ao encontrado por Carvalho et al. (2022) em um SSP de 29 meses com densidade de 400 árvores  $ha^{-1}$  no município de Garanhuns, PE.

### 3.2. Estimativa do Estoque médio anual de Carbono e CO<sub>2</sub> eq.

A estimativa do EMAC foi de  $2,11 \text{ Mg } ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Segundo Chará et al. (2018) o potencial estimado de sequestro de carbono acima do solo em SSP varia de  $1,5 \text{ Mg } ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$  a  $6,55 \text{ Mg } ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Schettini et al. (2021) ao comparar o estoque de C em 6 SSP's com diferentes clones de *Eucalyptus* spp. em diferentes espaçamentos na cidade de Porto Firme, Minas Gerais, encontrou EMAC que variou de  $3,35 \text{ Mg } ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$  com o clone I224 em espaçamento de 8x4 (312 árvores  $ha^{-1}$ ) a  $6,26 \text{ Mg } ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o mesmo clone com espaçamento de 6x4 (416,6 árvores por  $ha^{-1}$ ). Segundo Ibrahim et al. (2010) as taxas de fixação de C em SSP variam de acordo com as condições climáticas e do solo, tipo de pasto, espécies arbóreas, densidade e idade das árvores.

A estimativa do EMACo<sub>2</sub> eq. foi de  $7,77 \text{ Mg } ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$  capturado. Em SSP com densidade de 333 árvores de *Eucalyptus* spp.  $ha^{-1}$  avaliado aos 36 meses o estoque de CO<sub>2</sub> eq. foi de  $20,90 \text{ Mg } ha^{-1}$  o que representa EMACo<sub>2</sub> eq.  $6,97 \text{ Mg } ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (CAMPANHA, COSTA e GONTIJO NETO, 2018). Em SSP com 43 meses de idade o estoque de CO<sub>2</sub> eq. no componente arbóreo (*Eucalyptus* spp.) foi de  $42,002 \text{ Mg } ha^{-1}$ , o que representa EMACo<sub>2</sub> de  $11,72 \text{ Mg } ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (CASTRO NETO et al., 2017).

Estudos realizados em SSP's com *Eucalyptus* spp. em idades mais avançadas apresentaram EMACo<sub>2</sub> mais elevados. Tonini (2023) ao avaliar SSP's aos 7 anos de idade com diferentes densidades (312 e 208 árvores spp.  $ha^{-1}$ ) no município de Bagé, RS encontrou um EMACo<sub>2</sub> que variou de 2,3 a  $11 \text{ Mg } ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Gontijo Neto et al. (2018), encontrou EMACo<sub>2</sub> mínimo de  $16,12 \text{ Mg } ha^{-1}$ , em SSP com densidade de 236 árvores  $ha^{-1}$  entre os 42 e 54 meses, e máximo de  $16,74 \text{ Mg } ha^{-1}$  em SSP com densidade de 295 árvores  $ha^{-1}$  com a mesma idade em Curvelo, MG.

De acordo com Moreira (2021) a função de crescimento de uma floresta de *Eucalyptus* spp. é em formato sigmóide, então espera-se que as taxas de EMAC e EMACo<sub>2</sub> das árvores no SSP avaliado aumentem no decorrer dos anos até alcançar um ponto de inflexão. De forma geral, as estimativas de estoque de C e CO<sub>2</sub> eq. variaram entre os estudos encontrados. Os resultados deste estudo estão dentro dos limites encontrados na literatura, porém devido a alta densidade arbórea esperava-se maior estoque de biomassa  $ha^{-1}$ . Uma hipótese é que o manejo do solo, utilizando apenas um coveador motriz, afetou a magnitude de incremento da biomassa e estoque de carbono.

## 4. CONCLUSÃO

O estudo constatou a capacidade de mitigação de GEE pelo componente florestal em sistemas que envolvem o componente animal. Orienta-se que o planejamento do arranjo e da densidade arbórea, o manejo do solo e os tratamentos silviculturais levem em consideração o potencial de estocagem de CO<sub>2</sub> eq. e o potencial de neutralização das emissões das atividades desenvolvidas na fazenda.

## REFERÊNCIAS

Agethen, K. et al. Future perspectives of Brazilian beef production: what is the role of Silvopastoral systems? **Agroforestry Systems**. Collection: Current Trends in Silvopastoral Systems. 2024.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, matheusmentone@discente.ufg.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás, francine@ufg.br

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11941: Madeira- Determinação Da Densidade Básica. 2003.

Campanha, M. M.; Costa, T. C. C.; Gontijo Neto, M. M. Crescimento, Estoque de Carbono e Agregação de Valor em Árvores de Eucalipto em um Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Cerrado de Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 157. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2017, 25p.

Carvalho, C. B. M. et al. Initial growth and survival of *Eucalyptus* spp. and *Mimosa caesalpinifolia* Benth. in silvopastoral systems and their impact on herbage accumulation of *Urochloa decumbens* Stapf R. D. Webster. **Agroforestry Systems**, v.96, p.1053-1064, 2022.

Castro Neto, F. et al. Balanço de Carbono - Viabilidade Econômica de Dois Sistemas Agroflorestais em Viçosa, MG. **Floresta e Ambiente**, v. 24. 9p., 2017.

Chapman, M. et al. Large climate mitigation potential from adding trees to agricultural lands. **Global Change Biology**, v.26 , p.4357-4365, 2020.

Chará, J. et al. Silvopastoral Systems and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals (SDG): Evidence from Latin America. Cali: FAO,

CIPAV and Agri Benchmark, 2018. 62p.

Feliciano, D. et al. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.254, p.117-129, 2018.

Gontijo Neto, M. M. et al. Mitigação de Gases de Efeito Estufa em sistema de Integração Pecuária-Floresta e potencial de produção de Carne Carbono Neutro. **Documentos**, n.230. Curvelo: Embrapa Milho e Sorgo, 2018, 19p.

Ibrahim, M. et al. Importance of silvopastoral systems for mitigation of climate change and harnessing of environmental benefits. in: Abberton, M.; Conant, R.; Batello, C. **Grassland carbon sequestration: management, policy and economics**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. p.189-196.

Moreira, J. M. M. A. P. Idade ótima de corte. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/eucalipto/producao/gestao/tecnica/idade-otima-de-corte>. Acesso em: 29 jul. 2024.

Murgueitio, E. et al. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forest Ecology and Management**, v.261, p.1654-1663, 2011.

Paula, R. R. et al. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements. **Agroforestry Systems**, v.87, p. 1295-1307, 2013.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, matheusmentone@discente.ufg.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás, francine@ufg.br

Penman, J. et al. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Kanagawa: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2003. 590 p.

Rügnitz, M. T.; Chacón, M. L.; Porro, R. Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais. Belém: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA), 2009. 81 p.

Schettini, B. L. S. et al. Sistemas silvipastoris com eucalipto: estocagem de carbono em diferentes espaçamentos e clones. **Ciência Florestal**, v. 31, p.1047-1062, 2021.

Tonini, H. Avaliação financeira, estoque de carbono e mitigação de metano pelas árvores em sistemas silvipastoris no bioma Pampa. **Ciência Florestal**, v.33, p.1-22, 2023.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema Silvipastoril, Estoque de Carbono, Mitigação de Gases de Efeito Estufa

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, matheusmentone@discente.ufg.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás, francine@ufg.br