

# CARBONO TOTAL E ABUNDÂNCIA NATURAL DO 13C EM SOLO SOB SISTEMA PECUÁRIA-FLORESTA NO MÉDIO VALE PARAÍBA DO SUL EM VALENÇA-RJ

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

SOUZA; Luciana Rodrigues 1, BATISTA; Rodrigo N.S. 2, DONAGEMMA; Guilherme K. 3, MARTINS; Carlos Eugênio <sup>4</sup>, MÜLLER; Marcelo <sup>5</sup>, BARROS; Inacio de <sup>6</sup>, STRALIOTTO; Rosangela 7, BALIEIRO; Fabiano de Carvalho 8

### **RESUMO**

CARBONO TOTAL E ABUNDÂNCIA NATURAL DO 13C EM SOLO SOB SISTEMA PECUÁRIA-FLORESTA NO MÉDIO VALE PARAÍBA DO SUL EM VALENÇA-RJ

Luciana R. Souza<sup>1</sup>; Rodrigo N.S. Batista<sup>2</sup>; Guilherme K. Donagemma<sup>3</sup>; Carlos Eugênio Martins<sup>4</sup>; Marcelo Müller<sup>4</sup>; Inacio de Barros<sup>4</sup>; Rosangela Straliotto<sup>3</sup>; Fabiano de Carvalho Balieiro<sup>4,</sup>;

1. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, da UFRRJ, agronomalucianasouza@gmail.com; 2. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, rodrigo.nogueiras@hotmail.com; 3. Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br; ademir.fontana@embrapa.br; rosangela.straliotto@embrapa.br; fabiano.balieiro@embrapa.br; 4. Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.br; carlos.martins@embrapa.br; inacio.barros@embrapa.br

Resumo: Solos sob pastagens arborizadas podem prover mais serviços ecossistêmicos que pastagens em monocultivo. Neste trabalho foram avaliados dois protótipos de sistemas integrados pecuária-floresta em duas densidades de plantio (100 e 200 árvores/hectare) como alternativas ao manejo de pastagens extensivas da região Centro-Sul fluminense, visando avaliar o acúmulo de carbono total e a qualidade desse carbono através do 13C, em diferentes distâncias do tronco nos sistemas integrados pecuária-floresta. Amostras de solo foram coletadas a 3 distâncias do tronco das árvores (R: renque, B: borda e ER: entre renque), 3 profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm), nos dois protótipos, e analisadas quanto aos teores de C total pelo analisador elementar e abundância do <sup>13</sup>C. Após 3 anos de desenvolvimento é possível verificar maiores teores de C na borda (projeção da copa) de ambos os protótipos, com superioridade daquele com menor densidade de plantio

(100 árvores/ha) (essa diferença chega a 20% na camada de 20-40cm). Os dados de  $\delta$   $^{13}$ C corroboram a estratificação das raízes das espécies na borda e maior complementaridade na ocupação da camada de 20-40cm). Os sinais isotópicos do <sup>13</sup>C da matéria orgânica do solo indicam maior contribuição das gramíneas neste local.

## Introdução

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, da UFRRJ, agronomalucianasouza@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, rodrigo nogueiras@hotmail.com

 <sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br
 <sup>4</sup> Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br

Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.bi 6 Embrapa Gado de Leite, inacio,barros@embrapa,bi

Embrapa Solos, rosangela.straliotto@embrapa.br

<sup>8</sup> Embrapa Solos, fabiano.balieiro@embrapa.b

Aumentar impactos positivos do uso da terra na natureza, como o incremento do seguestro de carbono em solos, a diversificação das culturas, a diminuição dos aportes de fertilizantes e insumos sintéticos ou mesmo mitigação dos efeitos negativos da erosão fazem parte de várias agendas nacionais e internacionais quando assunto é desenvolvimento, segurança alimentar e hídrica (FOLU, 2019; VISÃO 2030-2050, 2019).

Sistemas produtivos agropecuários têm sua qualidade ambiental ampliada quando árvores estão presentes na paisagem, pois estas amenizam as manifestações das mudanças climáticas (MC), como as ondas de calor, as secas e inundações decorrentes de eventos extremos de chuvas, entre outros. Além disso, embora vulneráveis às MC, estes sistemas têm potencial elevado de mitigação do aquecimento global via sequestro de C pelo solo ao ampliar o suprimento de energia renovável à sociedade, via biomassa produzida (madeira) e estocagem de C abaixo da superfície do solo.

O solo é um ativo natural, com potencial imenso de oferta de bens e serviços diversos à sociedade. Além da provisão de alimento e madeira, o solo é capaz de participar da regulação hídrica, da conservação da biodiversidade, da filtração da água e depuração de dejetos, e de armazenar quantidades significativas de C (DOMINATI et al., 2010).

Este estudo pretende contribuir para quantificação dos benefícios do componente arbórea ao sequestro de C de solos sob pastagens em uma região carente de exemplos exitosos de manejo de pastagens. Foco é dado ao protótipo de sistema de produção que mais beneficia o acúmulo de C do solo e, por conseguinte, o serviço ecossistêmico do solo de sequestro de C no Médio Vale Paraíba do Sul, região importante também na questão de segurança hídrica do Rio de Janeiro.

#### Material e métodos

O experimento foi implantado no Campo Experimental Fazenda Santa Mônica, de propriedade da Embrapa Gado de Leite, em Valença, RJ (22º21'S e 43º42'W; 364 m acima do nível do mar). A região é montanhosa, caracterizada pela nomenclatura regional "Mares de Morros" (AbSaber, 2007). O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Amarelo textura argilosa, e tem como histórico o pastejo esporádico de bovinos leiteiro por mais de 30 anos. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (1938), foi identificado como Cwa, clima típico da região sudeste do Brasil, caracterizado pelo inverno seco e verão chuvoso.

O sistema integrado pecuária-floresta (iPF) foi implantado em novembro de 2019, com dois protótipos, ambos com renques de árvores distantes de 25m, espaçamento entre árvores dentro do renque de 2 e 4m (protótipos), totalizando 200 (IPF200) e 100 (IPF100) árvores por hectare, respectivamente. Três morros representam os três blocos do delineamento experimental (Figura

A coleta de solo se deu nos terços superior, médio e inferior das encostas, em dezembro de 2022 e janeiro de 2023, entre o 35º e 40º meses de idade do plantio, descartando os renques superior e inferior de cada bloco. Em cada terço foram coletadas amostras compostas (3 simples) nas profundidades de 0-10cm, 10-20cm e 20-40cm e em três distâncias dos troncos (rengue, borda (cerca de 2,0 m do renque e no entre renque, a cerca de 7,5m de distância dos renques adjacentes) (Figura 1). As amostras foram secas ao ar, peneiradas a 2mm e acondicionadas em sacos plásticos. Para fins de análise química e isotópica as subamostras foram finamente moídas com auxílio de pistilo e gral, até textura de talco. Posteriormente foram encaminhadas para Laboratório de Biotransformação de Carbono e Nitrogênio (LABCEN) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria/RS para determinação do C total (g kg-1) pelo analisador elementar e da abundância natural do <sup>13</sup>C (em ‰). A abundância de <sup>13</sup>C nas amostras de solo é expressa como  $\delta^{13}$ C, que é uma medida que se refere a um padrão expresso em partes por mil: (amostra  $^{13}$ C/ $^{12}$ C - padrão  $^{13}$ C/ $^{12}$ C)  $\delta^{13}$ C (‰) = x 1.000. O padrão internacional é V-PDB (Vienna-Pee Dee Belemite).

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, da UFRRJ, agronomalucianasouza@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, rodrigo.nogueiras@hotmail.com

 <sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br
 <sup>4</sup> Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br

Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.bi 6 Embrapa Gado de Leite, inacio,barros@embrapa,b

Embrapa Solos, rosangela.straliotto@embrapa.br

<sup>8</sup> Embrapa Solos, fabiano.balieiro@embrapa.b



Figura 1. Vista geral do experimento (a) e dos locais de coleta de amostras de solo (R: renque; B: borda e ER: entre renque) - Crédito Fabiano de Carvalho Balieiro, Embrapa Solos.

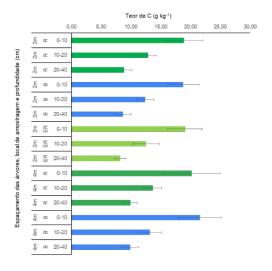
As interpretações dos dados foram feitas a partir do valor médio e desvio-padrão respectivo do local e profundidade de coleta, independente dos blocos e terços amostrado. Os valores de  $\delta$   $^{13}$ C da matéria orgânica do solo foram discutidos a luz do que a literatura cita para espécies de plantas superiores, que variam de -22 a -33 ‰ em plantas C<sub>3</sub> a -9 a -16 ‰ em plantas C<sub>4</sub> (Deines, 1980).

Na ocasião, a ocupação do site pelo componente florestal (dada pela área basal por

hectare) em cada protótipo foi de 1,6 a 2,2 m²/ha no protótipo menos denso (25 x 4m, 100 árvores/ha) e 3,13 a 4,2 m²/ha no protótipo mais denso (25 x 2m, 200 árvores/ha).

#### Resultados e discussão

Os teores de C (g kg<sup>-1</sup>) do solo são considerados médios a altos, corroborando com o histórico de uso da área, com pastagem bem formada, e com baixa taxa de lotação. Os teores são decrescentes em profundidade, para todos os locais de amostragem, como esperado, dado o aporte preferencial de matéria orgânica (MO) via serapilheira, rizodeposição e atividade microbiana. Utilizando apenas o desvio-padrão como balizador das diferenças dos teores entre os locais de amostragem, assim como a diferença entre os protótipos em estudo (2m e 4m entre árvores) não são observadas grandes diferenças. Porém, para todas as profundidades e no protótipo IPF100, os teores de C total foram superiores a 8 e 12% nas linhas e na borda de plantio do eucalipto, comparativamente ao IPF200. Além disso, comparando os valores de C total deste protótipo em relação aos valores de C do entre renque, representado por aportes exclusivos das gramíneas, os teores foram 12% superiores para as profundidades, e 21% superior na profundidade 20-40 cm. Ou seja, quando plantado em renques simples, plantas de eucalipto espaçadas a 4m (IPF100) permitem que o espaço subterrâneo seja melhor explorado pelas raízes do eucalipto e da braquiária e os efeitos sobre a microbiota mais pronunciados isso está associado ao carbono amarrar aqui pois não mediu nenhum indicador da microbiota, especialmente na projeção da copa das árvores (borda). Parte deste efeito é da umidade superior do solo nas camadas amostras (dados não apresentados).



<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, da UFRRJ, agronomalucianasouza@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, rodrigo.nogueiras@hotmail.com

 <sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br
 <sup>4</sup> Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br

Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.bi 6 Embrapa Gado de Leite, inacio,barros@embrapa,bi

Embrapa Solos, rosangela.straliotto@embrapa.br

<sup>8</sup> Embrapa Solos, fabiano.balieiro@embrapa.b

Figura 1. Teor médio ± desvio-padrão de C (g kg -1) em Argissolo Amarelo textura argilosa sob sistema integração pecuária-floresta, em Valença, RJ. Espaçamento das árvores dentro do renque (2 e 4m); R: renque de plantas de eucalipto; B: borda do renque, a 2 m do renque e ER: entre renque, cerca de 7-8 m do renque.

A abundância natural do  $\delta^{13}$ C do C das amostras corrobora com o histórico de uso da área, com valores na camada superficial (0-20cm), com predomínio de matéria orgânica oriunda de plantas do ciclo C<sub>4</sub> (Tabela 1).

Uma mistura de resíduos de plantas do ciclo C3 (vegetação nativa ou outra cultura do plantada pretérita e do eucalipto) e das gramíneas fica mais evidente quando se observa os valores de  $\delta^{13}C$ da camada mais profunda. Embora não tenha sido confirmado com análise estatística, há uma tendência do espaçamento mais amplo do eucalipto (4m) nos renques de árvores favorecem o crescimento das gramíneas em subsuperfície, em razão da maior entrada de luz e menor competição com as raízes do eucalipto comparado com 2 m, já que os sinais isotópicos são menos negativos para as camadas de 10-20 e 20-40 cm, indicando maior contribuição da rizodeposição de plantas C<sub>4</sub>, nas camadas.

Tabela 1. Abundância natural do  $\delta^{13}$ C (‰) em Argissolo Amarelo (profundidades 0-10, 10-20 e 20-40cm) sob sistema pecuária-floresta com árvores espaçadas de 2 e 4m, dentro do renque e

# renques espaçados de 15m. Espaçamento entre árvores

de plantio

Densidade

(árv/ha)

Local

Profundidade (cm)

δ13C (‰)

2<sub>m</sub>

Renque

0-10

-15,455

2<sub>m</sub>

Renaue

10-20

-16,065

2m

Renque

20-40

-19,592

2m

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, da UFRRJ, agronomalucianasouza@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, rodrigo.nogueiras@hotmail.com

 <sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br
 <sup>4</sup> Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br

Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.br
 Embrapa Gado de Leite, inacio.barros@embrapa.br
 Embrapa Solos, rosangela.straliotto@embrapa.br

<sup>8</sup> Embrapa Solos, fabiano.balieiro@embrapa.b

Borda	
0-10	
-15,786	
2m	
200	
Borda	
10-20	
-16,649	
2m	
Borda	
20-40	
-19,636	
2m	
Entre renque	
0-10	
-14,965	
2m	
Entre renque	
10-20	
-16,140	
2m	
Entre renque	
20-40	
-19,582	
4m	
Renque	
0-10	
-15,431	
4m	
Renque	

10-20 -16,303

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, da UFRRJ, agronomalucianasouza@gmail.com
 Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, rodrigo.nogueiras@hotmail.com
 Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br
 Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br
 Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.br
 Embrapa Gado de Leite, inacio.barros@embrapa.br
 Embrapa Solos, rosangela.straliotto@embrapa.br
 Embrapa Solos, fosangela.straliotto@embrapa.br
 Embrapa Solos, fosangela.straliotto@embrapa.br

Renaue

20-40

-19,048

4m

100

**Borda** 

0-10

-14,691

4m

Borda

10-20

-15,882

4m

Borda

20-40

-18,255

## Conclusões

Apesar do experimento estar com apenas 3 anos de implantação, fica evidente o impacto positivo sobre os teores de C total do solo das pastagens, em especial na camada de 20-40cm, em que as plantas de eucalipto são plantadas a 4m de distância (com densidade de 100 plantas/hectare) dentro dos renques. Os sinais isotópicos do 13C da matéria orgânica do solo indicam maior contribuição das gramíneas neste local.

## Agradecimentos

Aos técnicos da Fazenda Santa Mônica (Embrapa Gado de Leite) pela ajuda inestimável em campo. Ao CNPq pela Bolsa de Produtividade de FCB (processo: 307434/2020-6). A FAPERI, pelos recursos financeiros ao projeto Indicadores de qualidade do solo e de forragem em pastagens sob diferentes níveis de degradação no Médio Vale Paraíba do Sul (n. 20.18.03.040.00.02.000); idem a Rede ILPF (Projeto: Sistema de ILPF na região de Mar de Morros do Sudeste brasileiro: alternativa de utilização intensiva e sustentável das terras de relevo montanhoso/movimentado sob influência da Mata Atlântica-Fase 2, n. 20.22.06.007.00.00) e a Embrapa, por auxílios diversos à condução dos trabalhos.

## Referências bibliográficas

AB´SABER, A.N Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007, 151p.

DOMINATI, E.J., PATTERSON, M.G., MACKAY, A.D. 2010 . A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. Ecological Economics 69: 1858-1868.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, da UFRRJ, agronomalucianasouza@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, rodrigo.nogueiras@hotmail.com

 <sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br
 <sup>4</sup> Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br

Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.br
 Embrapa Gado de Leite, inacio.barros@embrapa.br
 Embrapa Solos, rosangela.straliotto@embrapa.br

<sup>8</sup> Embrapa Solos, fabiano.balieiro@embrapa.b

FOLU, 2019, Growing Better, op. cit.; and Terra Genesis International, 2020, "Regenerative Agriculture", http://www. regenerativeagriculturede nition.com/

Visão 2030-2050: O Futuro das Florestas e da Agricultura no Brasil. Coalisão Brasil, clima, florestas e agricultura. 42 p, 2019.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo de pastagens, Pecuária floresta, Estoque de carbono

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, da UFRRJ, agronomalucianasouza@gmail.com
2 Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, rodrigo.nogueiras@hotmail.com
3 Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br
4 Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br
5 Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.br
6 Embrapa Gado de Leite, inacio.barros@embrapa.br
7 Embrapa Solos, rosangela.straliotto@embrapa.br
8 Embrapa Solos, fosangela.straliotto@embrapa.br