



## CARBONO TOTAL E ABUNDÂNCIA NATURAL DO <sup>13</sup>C 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<sup>1</sup>, BATISTA; Rodrigo N.S.<sup>2</sup>, DONAGEMMA; Guilherme K.<sup>3</sup>, MARTINS; Carlos Eugênio<sup>4</sup>, MÜLLER; Marcelo<sup>5</sup>, BARROS; Inacio de<sup>6</sup>, STRALIOTTO; Rosangela<sup>7</sup>, BALIEIRO; Fabiano de Carvalho<sup>8</sup>

### RESUMO

#### CARBONO TOTAL E ABUNDÂNCIA NATURAL DO <sup>13</sup>C 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 Stralio<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](mailto:agronomalucianasouza@gmail.com); 2. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, [rodrigo.nogueiras@hotmail.com](mailto:rodrigo.nogueiras@hotmail.com); 3. Embrapa Solos, [guilherme.donagemma@embrapa.br](mailto:guilherme.donagemma@embrapa.br); [ademir.fontana@embrapa.br](mailto:ademir.fontana@embrapa.br); [rosangela.stralio@embrapa.br](mailto:rosangela.stralio@embrapa.br); [fabiano.balieiro@embrapa.br](mailto:fabiano.balieiro@embrapa.br); 4. Embrapa Gado de Leite, [marcelo.muller@embrapa.br](mailto:marcelo.muller@embrapa.br); [carlos.martins@embrapa.br](mailto:carlos.martins@embrapa.br); [inacio.barros@embrapa.br](mailto: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 <sup>13</sup>C, 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 δ<sup>13</sup>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

Aumentar impactos positivos do uso da terra na natureza, como o incremento do sequestro 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

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, da UFRRJ, [agronomalucianasouza@gmail.com](mailto:agronomalucianasouza@gmail.com)

<sup>2</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, [rodrigo.nogueiras@hotmail.com](mailto:rodrigo.nogueiras@hotmail.com)

<sup>3</sup> Embrapa Solos, [guilherme.donagemma@embrapa.br](mailto:guilherme.donagemma@embrapa.br)

<sup>4</sup> Embrapa Gado de Leite, [carlos.martins@embrapa.br](mailto:carlos.martins@embrapa.br)

<sup>5</sup> Embrapa Gado de Leite, [marcelo.muller@embrapa.br](mailto:marcelo.muller@embrapa.br)

<sup>6</sup> Embrapa Gado de Leite, [inacio.barros@embrapa.br](mailto:inacio.barros@embrapa.br)

<sup>7</sup> Embrapa Solos, [rosangela.stralio@embrapa.br](mailto:rosangela.stralio@embrapa.br)

<sup>8</sup> Embrapa Solos, [fabiano.balieiro@embrapa.br](mailto:fabiano.balieiro@embrapa.br)

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 (22°21'S e 43°42'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 1).

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 (renque, 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<sup>-1</sup>) 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 δ<sup>13</sup>C, que é uma medida que se refere a um padrão expresso em partes por mil: (amostra <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C - padrão <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C) δ<sup>13</sup>C (‰) = x 1.000. O padrão internacional é V-PDB (Vienna-Pee Dee Belemite).



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.

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

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  $\delta^{13}\text{C}$  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  $\text{C}_3$  a -9 a -16 ‰ em plantas  $\text{C}_4$  (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  $\text{m}^2/\text{ha}$  no protótipo menos denso (25 x 4m, 100 árvores/ha) e 3,13 a 4,2  $\text{m}^2/\text{ha}$  no protótipo mais denso (25 x 2m, 200 árvores/ha).

## Resultados e discussão

Os teores de C ( $\text{g kg}^{-1}$ ) 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).

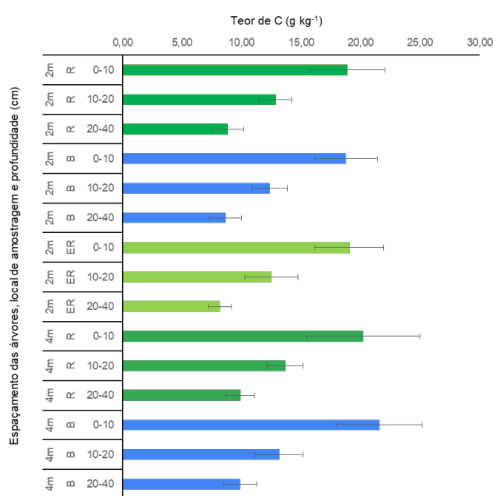


Figura 1. Teor médio  $\pm$  desvio-padrão de C ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em Argissolo Amarelo textura argilosa sob sistema integração pecuária-floresta, em Valença, RJ. Espaçamento das árvores dentro do renque (2 e 4m); R: renque de plantas de eucalipto; B: borda do renque, a 2 m do renque e ER: entre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

A abundância natural do  $\delta^{13}\text{C}$  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  $\text{C}_4$  (Tabela 1).

Uma mistura de resíduos de plantas do ciclo  $\text{C}_3$  (vegetação nativa ou outra cultura do plantada pretérita e do eucalipto) e das gramíneas fica mais evidente quando se observa os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  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

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

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

<sup>3</sup> Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br

<sup>4</sup> Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br

<sup>5</sup> Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.br

<sup>6</sup> Embrapa Gado de Leite, inacio.barros@embrapa.br

<sup>7</sup> Embrapa Solos, rosangela.straliocto@embrapa.br

<sup>8</sup> Embrapa Solos, fabiano.balheiro@embrapa.br

rizodeposição de plantas C<sub>4</sub>, nas camadas.

Tabela 1. Abundância natural do  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) 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**

**Densidade**

**de plantio**

**(árv/ha)**

**Local**

**Profundidade (cm)**

**$\delta^{13}\text{C}$  (‰)**

2m

Renque

0-10

-15,455

2m

Renque

10-20

-16,065

2m

Renque

20-40

-19,592

2m

Borda

0-10

-15,786

2m

200

Borda

10-20

-16,649

2m

Borda

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

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

<sup>3</sup> Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br

<sup>4</sup> Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br

<sup>5</sup> Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.br

<sup>6</sup> Embrapa Gado de Leite, inacio.barros@embrapa.br

<sup>7</sup> Embrapa Solos, rosangela.straliocto@embrapa.br

<sup>8</sup> Embrapa Solos, fabiano.balheiro@embrapa.br

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

4m

Renque

20-40

-19,048

4m

100

Borda

0-10

-14,691

4m

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

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

<sup>3</sup> Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br

<sup>4</sup> Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br

<sup>5</sup> Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.br

<sup>6</sup> Embrapa Gado de Leite, inacio.barros@embrapa.br

<sup>7</sup> Embrapa Solos, rosangela.straliocto@embrapa.br

<sup>8</sup> Embrapa Solos, fabiano.balheiro@embrapa.br

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  $^{13}\text{C}$  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 FAPERJ, 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.

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

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

<sup>3</sup> Embrapa Solos, guilherme.donagemma@embrapa.br

<sup>4</sup> Embrapa Gado de Leite, carlos.martins@embrapa.br

<sup>5</sup> Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.br

<sup>6</sup> Embrapa Gado de Leite, inacio.barros@embrapa.br

<sup>7</sup> Embrapa Solos, rosangela.stralio@embrapa.br

<sup>8</sup> Embrapa Solos, fabiano.balheiro@embrapa.br