



FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA E SENSIBILIDADE DO CARBONO EM ARGISSOLO MANEJADO COM RESÍDUOS ORGÂNICOS EM SISTEMA AGROFLORESTAL.

Bruna de Freitas Iwata¹; Mirian Cristina Gomes Costa⁽²⁾; Luiz Fernando Carvalho Leite⁽³⁾; João Ambrosio Araujo Filho⁽⁴⁾; Diego Lourenço Vasconcelos⁽⁵⁾; Regis dos Santos Braz⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Professora; Instituto Federal do Piauí; Corrente, Piauí; iwata@ifpi.edu.br; ⁽²⁾ Professora; Universidade Federal do Ceará; ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Meio Norte; ⁽⁴⁾ Professor; Universidade do Vale do Acaraú; ⁽⁵⁾ Graduando; Universidade Federal do Ceará; ⁽⁶⁾ Doutorando; Universidade Federal do Ceará.

RESUMO: O trabalho teve como objetivo avaliar a variação dos estoques de carbono, das frações da matéria orgânica e o índice de sensibilidade dessas frações em relação ao manejo com resíduos orgânicos em aleias em um sistema agroflorestal manejado com ou sem fogo. O estudo foi realizado em um SAF no semiárido manejado são de aleias em um Argissolo Vermelho-Amarelo, preparado com e sem queima, e com os resíduos da gliricidia, da bagana de carnaúba e de um biocomposto, manejados isoladamente ou consorciados. Nas aleias com uso combinado dos resíduos da bagana de carnaúba, gliricidia e biocomposto houve maior conservação tanto do conteúdo de carbono orgânico particulado quanto do carbono associado aos minerais. A agrofloresta utilizando a combinação dos resíduos foi eficiente na conservação de uma matéria orgânica lábil e na estabilização do carbono, assim como o carbono orgânico particulado foi mais sensível às modificações realizadas no manejo do solo em relação ao conteúdo total, no qual foram observados maiores índices de sensibilidade dessa fração.

Termos de indexação: semiárido brasileiro, aleias

INTRODUÇÃO

O manejo do solo que visa à manutenção ou recuperação dos estoques de carbono é fundamental para a sustentabilidade da produção agrícola e mitigação de problemas ambientais (CARMO et al., 2012; OELBERMAN, 2014;). Na avaliação da eficiência das estratégias de manejo, a matéria orgânica do solo (MOS) é destaque como indicador de qualidade de excelência, pela sua elevada sensibilidade e, principalmente, por sua estreita relação com os atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

No entanto, o conteúdo total da MOS pode ser um indicador não suficientemente sensível. Nesse sentido, além do carbono orgânico total (COT) tem sido apontada como fração de alta sensibilidade às alterações do meio a fração particulada da matéria orgânica (MOP). A fração particulada é a parte mais

lábil da MOS, que responde prontamente aos sistemas de manejo e atua como principal agente cimentante da matéria orgânica na agregação do solo, principalmente nos macroagregados. Outra alternativa eficiente e prática para avaliação da conservação do solo é a taxa ou relação de estratificação do carbono orgânico (RE). Essa taxa compara o conteúdo de carbono orgânico da camada superficial com o das camadas inferiores (FRANZLUEBBERS, 2002).

A relação estratificação também é uma importante referência no controle de qualidade do solo (MATIAS et al., 2014). Segundo Ferreira et al. (2012), no Brasil ainda são escassos os trabalhos investigando a RE, principalmente no manejo empregado na região semiárida.

Considerando que a região semiárida brasileira ainda tem em sua magnitude uma agricultura convencional com intensivo uso do fogo no preparo do solo e uma emergente busca por sistemas de caráter conservacionista, este trabalho teve como objetivos avaliar a variação dos estoques de C, do conteúdo de MOP, a relação de estratificação de C e o índice de sensibilidade dessas frações da MOS em relação ao manejo com resíduos orgânicos em aleias em um sistema agroflorestal manejado com ou sem fogo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Cajueiro do Boi (3°00'39,29"S/40°13'30,38"W), altitude de 50 m, Bela Cruz-CE. O clima é tropical quente semiárido (BSw'h), segundo Köppen (IPECE, 2007), com chuvas de fevereiro a abril, precipitação pluvial média anual de 1.096,9 mm e temperaturas médias variando entre 18° e 30° C. Quanto aos solos, identificou-se na área a classe de Argissolo Vermelho Amarelo. Em 1992 a área passou a ser utilizada para agricultura itinerante, sendo realizado desmate e queima da área, e no ano de 2007, o Sistema Agroflorestal (SAF) foi instalado.



A área total do SAF Cajueiro é de aproximadamente um hectare (110m x 90m), e utiliza o modelo de aléias. Quanto ao manejo adotado, duas práticas diferenciam as aléias (Tabela 1), o uso do fogo e a adição de diferentes resíduos orgânicos (material da poda das leguminosas, biocomposto e bagana de carnaúba)

Em 2014 em cada aléia foram abertas cinco mini trincheiras e coletadas quatro amostras simples de solo para formar uma amostra composta, nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e transportados ao Laboratório do Solo e da Água, do Departamento de Ciências do Solo, da Universidade Federal do Ceará. A determinação dos atributos do solo fora realizada conforme Embrapa (2006). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados maiores teores da fração lábil de carbono (COP) para os tratamentos sem uso do fogo, exceto para o resíduo AGBio, na camada 0-10cm (Tabela 1). Na camada de 10-20 cm a ausência do fogo também resultou em maiores teores de COP, mas com exceção também ao tratamento representado pela mistura de resíduos (AGBioBag). Na camada mais profunda (20-40 cm) os maiores teores de COP foram observados nos tratamentos com uso do fogo. Embora transcorridos seis anos do preparo das aleias manejadas com fogo, observou-se que esse preparo promoveu decréscimo do COP no solo, principalmente nas camadas superficiais que receberam os resíduos AG e AGBag. Isso pode decorrer de alterações na dinâmica microbiana das aleias com esses tratamentos.

Os resultados deste estudo foram diferentes do que fora observado por Potes et al. (2010) em estudo no qual ambientes com intervenção do fogo apresentaram maiores proporções das frações mais lábeis da MOS. Entretanto há maior consenso quanto à capacidade de aportar carvão ao solo pelo uso do fogo; portanto, a prática da queima contribuiria predominantemente no incremento de compartimentos mais estáveis (STEINER et al., 2008) e em uma redução dos mais lábeis, como o COP.

Os teores de COP apresentaram diferenças também em relação aos resíduos avaliados (Tabela 1), ocorrendo maiores teores deste compartimento nas aleias com resíduos combinados AGBioBag e

AGBag. Em estudos de Sá et al. (2001), os teores de COP são dependentes do conteúdo de carbono aportado pelos resíduos vegetais. Os resíduos da gliricídia exerceram efeito no incremento do COP e os resíduos de bagana de carnaúba contribuíram com a proteção física dessa fração pela presença do componente cerífero nesse material. Maior acúmulo de carbono observado preferencialmente no COP indica, segundo Rossi (2012), a ocorrência de aporte considerável de biomassa, além de ser indicativo de maior estabilidade dos agregados do solo, principalmente dos macroagregados, conforme Heid et al. (2009).

O conteúdo de COM foi superior, predominantemente, na adição de resíduos combinados, AGBioBag e AGBag (Tabela 1) com e sem uso do fogo e nas três profundidades. Diante disso, é possível destacar o efeito do resíduo da bagana de carnaúba aumentando os conteúdos de frações mais estabilizadas da MOS, assim como incrementou os teores de COP.

A maior concentração de COM indica processo mais eficiente de estabilização e humificação da MOS ocorrida nestas aleias. Além disso, conforme Pragna et al. (2012), a formação de complexos organo-minerais indica também maior conservação dos teores totais da MOS.

Ao que se verifica na aleia AGBioBag ocorreu a conservação dos resíduos mais lábeis (COP) e maior capacidade de estabilização da MOS. Isso indica maior eficiência da mistura de resíduos quanto às funções exercidas pela MOS, sendo um material facilmente decomponível e de maior estabilização. Carmo et al. (2012) ressaltam que quantidade adequada de COP é fundamental para garantir fluxo de carbono e manutenção da atividade biológica, enquanto que consideráveis teores de COM são importantes para garantir o suprimento dos microrganismos, os processos de oxidação da matéria orgânica e estoque de carbono prevenindo processos de perda e degradação do solo.

A relação COP/COM foi predominantemente maior no manejo sem queima, principalmente nas camadas superficiais. Para os resíduos também ocorreram diferenças entre valores da relação COP/COM (Tabela 1), com maiores valores no tratamento AG sem fogo e menores no tratamento AGBio sem fogo na camada 0-10cm. Maiores valores da relação COP/COM indicam maior labilidade e incremento no fornecimento de substratos para o crescimento microbiano e consequente liberação de nutrientes para o solo (LOSS et al., 2010).

Por meio do índice de sensibilidade (IS) foi constatado que a fração particulada da MOS, o COP, é a mais sensível às alterações do ambiente (Figura 2). Em todas as aleias foram quantificados



maiores valores de IS do compartimento COP, independente do uso do fogo. Conforme Mielniczuk (2008) essa fração é altamente sensível às alterações no uso e manejo do solo e pode ser facilmente perdida pelo manejo inadequado principalmente nos primeiros anos de cultivo.

O manejo com fogo promoveu redução dos estoques de C do solo, principalmente nas camadas superficiais (0-10 e 10-20 cm). Portanto, observou-se que o uso do fogo reduz a capacidade de manutenção do conteúdo da MOS do solo, com as perdas de EstC variando de acordo com fatores do ambiente e manejo (VERGNOUX et al., 2011).

Valores superiores de EstC ocorreram no tratamento AG nas três profundidades (Tabela 2). Observa-se que o manejo dos resíduos da leguminosa gliricidia foi mais eficiente no incremento dos conteúdos de carbono total estocado nas aleias do SAF. Ngome et al. (2011), estudando o efeito das leguminosas em áreas de agricultura familiar na África, correlacionaram o incremento de carbono sequestrado no solo ao elevado conteúdo orgânico aportado pela biomassa vegetal da gliricidia.

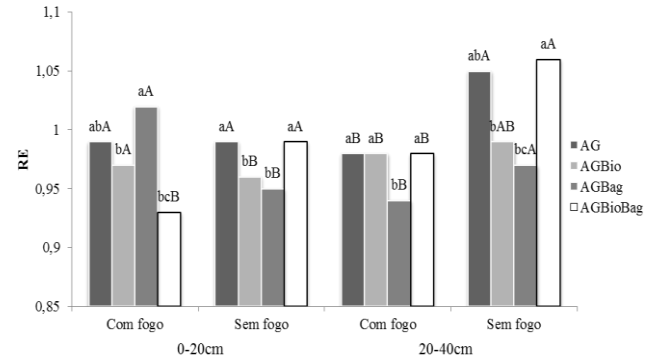
Conforme Costa et al. (2003) o incremento dos estoques de carbono ocorre em sistemas de manejo que adicionam grandes quantidades de resíduos vegetais e baixo revolvimento aumentando a capacidade de estoque/sequestro do COT. O SAF estudado enquadra-se nessas características, com elevado potencial para manutenção dos estoques de COT e ainda, pela diversidade de resíduos orgânicos aportados.

Embora alguns estudos reforcem que os SAFs aportam conteúdos de COT somente após 10 anos de adoção, neste trabalho que em apenas seis (06) anos houve incremento significativo do carbono. A esse fato foi aliada a utilização de resíduos com diferentes propriedades orgânicas e estruturais, permitindo equilíbrio entre compartimentos lábeis e estáveis. Iwata et al. (2012), ao estudar SAF no cerrado piauiense, observaram que em apenas 9 anos de adoção o manejo agroflorestal elevou significativamente os estoques de carbono do solo superando a área utilizada como referência.

Na Figura 3 observa-se que houve efeito dos resíduos orgânicos sobre a relação de estratificação (RE) de carbono do SAF, bem como o efeito do fogo. O SAF possibilitou essa estratificação pelo efeito combinado do aporte dos resíduos orgânicos e pela mínima mobilização do solo, semelhante ao que se verifica em ambientes naturais (FERREIRA et al., 2012) e em sistemas de plantio direto (FERREIRA et al., 2011).

Figura 3 - Relação de estratificação do carbono orgânico total em Argissolo sob manejo de resíduos

orgânicos e queima em sistema agroflorestal no semiárido



Letras minúsculas comparam médias em resposta aos resíduos orgânicos dentro de cada profundidade. Letras maiúsculas comparam médias em resposta aos fatores de tratamento com fogo e sem fogo dentro de cada resíduo orgânico. * A: aléia; Gli: Gliricidia solteira; Bio: Biocomposto; Bag: Bagana; Biocomposto: composto por folhas de caju, esterco caprino e bagana de carnaúba.

Tormena (2004) e Loss et al. (2009), além de associarem a maior RE à influência dos resíduos deixados em superfície e ao mínimo ou ausente revolvimento do solo, destacaram também a maior concentração de raízes nas camadas superficiais. Embora as aleias manejadas sem fogo tenham apresentado maior RE, nas aleias com fogo também ocorreram diferenças significativas nesta relação entre as camadas analisadas, reforçando as variações decorrentes dos resíduos, indicando também a ocorrência da estratificação do carbono, mesmo manejadas com queima, conforme Matias et al. (2012).

Referências Bibliográficas

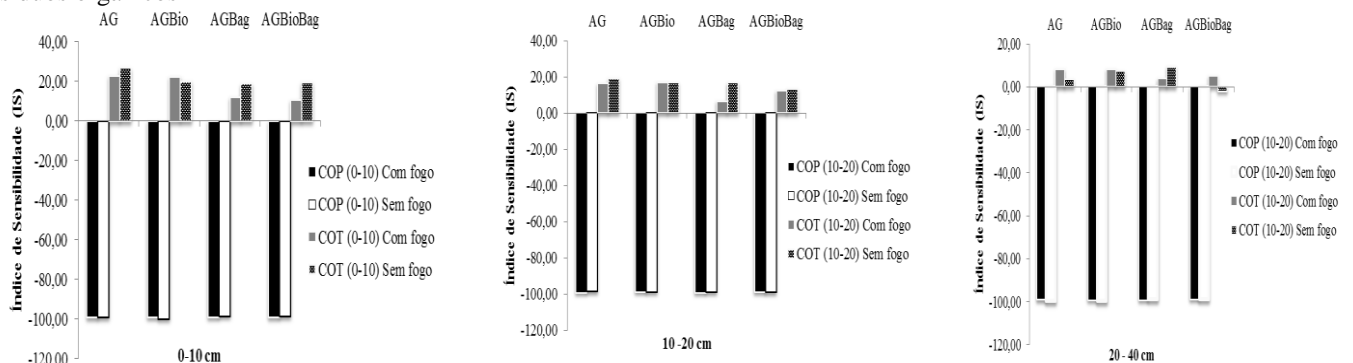
- CARMO, F.F. et al. Frações granulométricas da matéria orgânica em latossolo sob plantio direto com gramíneas. *Biosci. J. Uberlândia*, v. 28, n. 3, p. 420-431, Mai. 2012.
- FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil and Tillage Research*, v.66, p 95-106, 2002.
- IWATA, B. F. et al. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.730-738, 2012.
- OELBERMANN, M.; VORONEY, R.; GORDON, A. Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v.104, p.359-377, 2004.
- TORMENA, C.A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J.C.; COSTA, A.C.S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:1023-1031, 2004.

Tabela 1. Carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico associado aos minerais (COM), relação carbono orgânico particulado e carbono orgânico associado aos minerais (COP/COM) em Argissolo com adição de resíduos orgânicos e uso do fogo em sistema agroflorestal no semiárido.

| Tratamentos | COP | | COM | | COP/COM | |
|-------------|--------------------|----------|--------------------|----------|----------|----------|
| | g Kg ⁻¹ | | g Kg ⁻¹ | | (%) | |
| | 0-10 cm | | | | | |
| | Com fogo | Sem fogo | Com fogo | Sem fogo | Com fogo | Sem fogo |
| AG | 0,23 cB | 0,28 bA | 22,73cA | 19,45bB | 1,01bB | 1,43aA |
| AGBio | 0,29 abA | 0,19 cB | 23,02cB | 25,20aAB | 1,25aA | 0,75cB |
| AGBag | 0,30 aB | 0,47 aA | 22,37bA | 25,92aB | 1,36aB | 1,81bA |
| AGBioBag | 0,27 bB | 0,39 abA | 23,38abA | 25,54aB | 1,15bB | 1,52bA |
| 10-20 cm | | | | | | |
| | Com fogo | Sem fogo | Com fogo | Sem fogo | Com fogo | Sem fogo |
| AG | 0,18cB | 0,36aA | 21,41bcA | 18,79cB | 0,84cB | 1,91aA |
| AGBio | 0,31aAB | 0,29abB | 20,63cA | 20,90bcA | 1,50abA | 1,38bA |
| AGBag | 0,19cB | 0,25bA | 20,72aA | 21,13bB | 0,91cB | 1,18bA |
| AGBioBag | 0,28bA | 0,22bB | 25,18bAB | 24,22aB | 1,11bA | 0,90cB |
| 20-40 cm | | | | | | |
| | Com fogo | Sem fogo | Com fogo | Sem fogo | Com fogo | Sem fogo |
| AG | 0,26 abA | 0,09 bB | 19,13 bA | 23,64 bA | 1,35 bA | 0,38bA |
| AGBio | 0,24 bA | 0,09 bB | 19,14 bA | 20,35 bA | 1,25 bA | 0,44dB |
| AGBag | 0,23 bB | 0,36 aA | 23,54 aA | 17,92 cB | 0,97 cB | 2,00aA |
| AGBioBag | 0,35 aA | 0,35 aA | 22,34 aB | 29,46 aA | 1,56 aA | 1,18cdB |

Letras minúsculas comparam médias em resposta aos resíduos orgânicos dentro de cada profundidade. Letras maiúsculas comparam médias em resposta aos fatores de tratamento com fogo e sem fogo dentro de cada resíduo orgânico. * A: aléia; Gli: Gliricidia solteira; Bio: Biocomposto; Bag: Bagana; Biocomposto: composto por folhas de caju, esterco caprino e bagana de carnaúba.

Figura 2. Índice de sensibilidade das frações da matéria orgânica em Argissolo em sistema agroflorestal manejado com resíduos orgânicos



* A: aléia; Gli: Gliricidia solteira; Bio: Biocomposto; Bag: Bagana; Biocomposto: composto por folhas de caju, esterco caprino e bagana de carnaúba.

Tabela 2. Estoques de carbono em Argissolo manejado com resíduos orgânicos e fogo em sistema agroflorestal no semiárido.

| Tratamentos | Est C (Mg ha ⁻¹) | | | | | |
|-------------|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0-10 cm | | 10-20 cm | | 20-40 cm | |
| | Com fogo | Sem fogo | Com fogo | Sem fogo | Com fogo | Sem fogo |
| AG | 1,55abB | 1,60aA | 3,15abB | 3,22aAB | 3,22aA | 3,07bB |
| AGBio | 1,05cB | 1,52bA | 3,07bB | 3,16abA | 3,22aAB | 3,18abB |
| AGBag | 1,42bB | 1,50bA | 2,88cB | 3,16abA | 3,08bB | 3,25aA |
| AGBioBag | 1,04cB | 1,51bA | 3,04bcA | 3,07bA | 3,12abA | 2,90cB |

Letras minúsculas comparam médias nas colunas em resposta aos resíduos orgânicos dentro de cada profundidade. Letras maiúsculas comparam médias em resposta aos fatores de tratamento com fogo e sem fogo dentro de cada resíduo orgânico. * A: aléia; Gli: Gliricidia solteira; Bio: Biocomposto; Bag: Bagana; Biocomposto: composto por folhas de caju, esterco caprino e bagana de carnaúba.