

ESTABILIDADE DE AGREGADOS NO PERFIL DO SOLO SOB INFLUÊNCIA DE UMA CRONOSSEQUÊNCIA EM AGROFLORESTAS

Carlos Eduardo Moura Arcanjo Ferreira¹; Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia²; Paulo Henrique Marques Monroe³; Rafael Lima Rocha⁴; Ismael Lemos da Silva⁵

¹Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (eduarcanjo20@gmail.com); ²Professor, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (patriciabarroto@uesb.edu.br); ³Pós-doutorando em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (paulomonroes@gmail.com) ⁴Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (eulimarrocha@gmail.com); ⁵Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (ismaelleemos71@gmail.com).

RESUMO

Os Sistemas Agroflorestais (SAF) são formas de uso da terra que combinam diferentes espécies vegetais, incluindo pelo menos um componente arbóreo associado a cultivos agrícolas. Nos SAFs baseados em café, a *Grevillea robusta* é uma espécie favorável por seu rápido crescimento, sistema radicular que apresenta baixa competição por água e nutrientes com o cafeeiro. A matéria orgânica do solo é essencial para a formação e estabilização de agregados, os quais podem ser macroagregados (> 0,250 mm) e microagregados (0,250-0,053 mm). Macroagregados, formados pela decomposição de resíduos vegetais e por ação cimentante da matéria orgânica, são mais sensíveis às alterações no uso da terra quando comparados aos microagregados, esses, se formam dentro dos macroagregados. Este estudo avaliou o efeito da cronosequência (idade do cultivo) em SAFs de *Coffea arabica* e *Grevillea robusta* em Piatã, Bahia, comparando sistemas de 5, 10 e 30 anos com uma floresta natural. A amostragem de solo foi feita em seis profundidades (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), com fracionamento úmido do solo para separar macro e microagregados. Os resultados mostraram maior concentração de macroagregados na floresta natural, especialmente nas camadas superficiais, enquanto os SAFs apresentaram maior concentração de microagregados em profundidade. O diâmetro médio ponderado (DMP) foi maior na floresta natural, seguido pelos SAFs de 10 e 30 anos. As perdas de agregação destacam a influência da antropização dos sistemas de cultivo. Notou-se que os SAFs com maior idade apresentam maior estabilidade dos agregados.

Palavras-chave: Física do solo; Matéria orgânica; Qualidade do solo.

INTRODUÇÃO

Os Sistemas Agroflorestais (SAF) são tipos de uso da terra que combinam duas ou mais espécies vegetais, com ao menos um componente arbóreo associado a cultivos agrícolas, podendo incluir animais (Nair & Nair, 2014). SAFs baseados em café possuem resíduos vegetais acumulados que se aproximam de florestas nativas, promovendo grande cobertura do solo (Thomazini et al., 2015). A *Grevillea robusta* é uma espécie favorável para o consórcio agrícola, pois tem baixo nível de competitividade com o cafeeiro, apresentando rápido crescimento e sistema radicular pivotante

que não compete com a cultura do café (Souza et al., 2009). Estes sistemas possuem acumulação de matéria orgânica, a gente ligante que pode regular a formação e estabilização de agregados (Six et al., 2004; Noellemeyer et al., 2008; Mulumba & Lal, 2008).

Métodos para estimar a estabilidade de agregados são utilizados como um indicador sensível ao manejo do solo (Frozzi et al., 2018). No fracionamento de agregados, o solo é dividido em macroagregados (> 0,250 mm) e microagregados (0,250-0,053 mm). Macroagregados, formados pela decomposição de resíduos vegetais, são mais sensíveis às mudanças no uso da terra em comparação aos microagregados, que se originam dentro dos macroagregados (Six et al., 2004; Monroe et al., 2021). A formação de microagregados está ligada à interação entre minerais e ligantes orgânicos (Verchot et al., 2011). Poucos estudos consideram a influência da cronossequência dos cultivos sobre a estabilização dos agregados. Este trabalho busca avaliar o efeito dessa cronossequência em SAFs de café com grevilea na distribuição e na estabilidade dos agregados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área

O estudo foi realizado na cidade de Piatã, região da Chapada Diamantina, no estado da Bahia (13°15'S e 41°77'W). A região apresenta um relevo de altitude 1292 metros acima do nível do mar. O clima é caracterizado como tropical de altitude (Cwb), de acordo com a classificação Köppen e apresenta precipitação média anual de 1146,2 mm e temperatura média anual de 18 °C. O solo da região é predominantemente caracterizado como Latossolo-amarelo (Neto et al., 2010) com predomínio de textura franco arenosa e franco argilo-arenosa.

Sistemas de uso da terra

Três idades distintas de sistemas agroflorestais de *Coffea arabica* e *Grevillea robusta* de 5, 10 e 30 anos foram avaliadas, respectivamente identificadas como CG5, CG10 e CG30. Foi analisada também uma área de floresta natural (FN) próxima das áreas de estudo para servir de referência, representando as condições antes da implementação das agroflorestas.

Amostragem do solo

As amostras de solo foram coletadas em agosto de 2023. Em cada sistema e na floresta natural foram demarcadas três parcelas de 20 × 20 m, equidistantes pelo menos 100 m e em cada parcela foi aberta uma trincheira com dimensões de 1 × 1 × 1,2 m nas entrelinhas do café e grevilea na parte central do sistema. Dentro das trincheiras, coletaram-se amostras deformadas de solo (aproximadamente um kg) em seis profundidades diferentes (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), totalizando 18 amostras para cada sistema. As amostras foram secas ao ar e passadas por uma peneira de 2 mm para obter-se a terra fina seca ao ar (TFSA) para o fracionamento em classes de agregados.

Fracionamento úmido do solo

Para o fracionamento em classe de agregados, realizou-se procedimento descrito por Elliot (1986) e adaptado por Gama-Rodrigues et al., (2010) onde amostras de 100 g de TFSA de cada profundidade e sistema foram imersas em um béquer de 500 ml com água destilada por 5 minutos. Em seguida, as amostras foram submetidas a uma peneira de malha de 250 µm e agitadas de forma manual, repetitiva e uniforme por 2 minutos. A fração remanescente na parte superior da peneira de 250 µm foi reservada em um recipiente plástico de aproximadamente 500 ml. A fração que passou pela malha de 250 µm foi novamente tamisada em outra peneira de malha de 53 µm, igualmente ao processo anterior. Dessa maneira, a partir do fracionamento, obteve-se duas classes de agregados: (1) macroagregados; (2) microagregados. Todas as amostras foram secas em uma estufa de

circulação de ar forçada a 60 °C até o peso constante. A eficiência da recuperação da massa total do solo no processo de fracionamento úmido, obtido a partir da soma das três frações, foi de 98,65%.

Com o objetivo de evitar a superestimação da massa de agregados devido à presença de areia nas classes de agregados, foi realizada a correção da massa de agregados de acordo com metodologia utilizada por Vicente et al., (2019).

O diâmetro médio ponderado (DMP) foi utilizado para indicar a estabilidade dos agregados em cada área, sendo obtido pela equação:

$$DMP = \sum_{i=1}^n W_i \times X_i$$

Em que:

W_i : Diâmetro médio da fração agregada i ;

X_i : Proporção do agregado i no peso total da amostra.

Análise estatística

Os dados foram avaliados quanto a normalidade dos resíduos pelo teste de Lilliefors e homogeneidade das variâncias dos resíduos pelo teste de Barlett. Foi realizada ANOVA utilizando modelo linear misto (MLM) com dois fatores: Sistemas (CG5, CG10, CG30 e FN) × profundidade (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm) para DMP, e sistemas (CG5, CG10, CG30 e FN) × classe de agregados (macroagregados e microagregados) para massa de agregados. As médias foram comparadas pelo teste de Fisher (LSD) a 5% de significância. A estatística foi realizada pelo programa Statistica® v.10.0. Para confecção dos gráficos utilizou-se o software Sigmaplot® v.12.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior presença de macroagregados no solo da FN (Tabela 1), nas profundidades de até 80 cm, pode ser explicada pela matéria orgânica acumulada sob o solo (Tisdall e Oades, 1982; Six et al., 2004) e por representar um ambiente com menor interferência antrópica quando comparado aos SAFs. Além disso, as raízes das diversas espécies presentes na FN podem ser outro fator para a formação de agregados. Silva e Mielniczuk (1997) notaram em seus estudos que as raízes foram as principais responsáveis pela agregação do solo.

Houve incremento da concentração de microagregados com o aumento da profundidade do solo na FN e nos SAFs, que não foi observado nos macroagregados. Ainda em relação aos microagregados, também houve maior quantidade desses agregados nos SAFs quando comparado a fração de macroagregados nos SAFs, enquanto na FN, até na profundidade de 80 cm, predominou-se macroagregados. O aumento da concentração de microagregados em profundidade se dá pela redução na influência dos resíduos vegetais estocados na superfície do solo, o que conseqüentemente diminui o fornecimento de resíduos novos, importantes para a formação de macroagregados (Wohlenberg et al., 2004).

Tabela 1 - Distribuição de classes de agregados do solo (sem fração areia) até um metro de profundidade em uma cronossequência de café e grevilea no município de Piatã, Bahia, Brasil

Sistemas	Agregado (%)	Profundidade (cm)					
		0 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
CG5	Macro	2,12 bC	1,66 bC	2,22 bD	3,31 bC	2,54 bC	3,52 bC
	Micro	8,21 aA	11,53 aA	10,3 aB	13,09 aA	12,55 aB	16,21aB
CG10	Macro	7,08 aB	6,96 aB	4,99 aB	5,69 bB	4,58 bC	4,15 bC

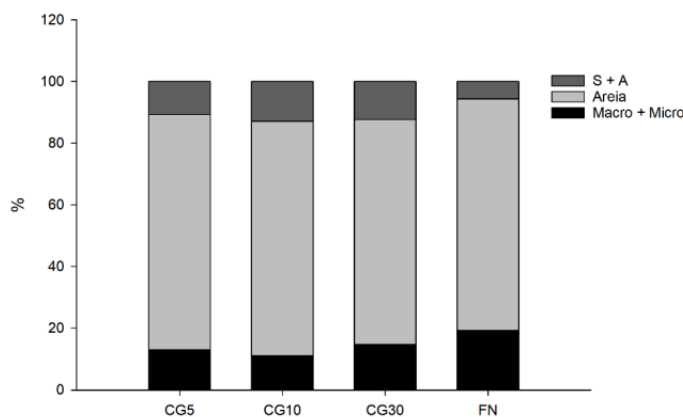
	Micro	5,37 bB	6,44 aC	4,31 aD	6,87 aD	12,64 aB	5,96 aD
CG30	Macro	2,09 bC	3,08 bC	3,73 bC	5,35 bB	6,72 bB	7,89 bA
	Micro	5,64 aB	7,46 aB	11,59 aA	9,94 aB	17,45 aA	17,88 aA
FN	Macro	10,5 aA	12,43 aA	9,56 aA	12,59 aA	10,26 aA	6,55 bB
	Micro	4,69 bB	8,47 bB	7,86 bC	8,17 bC	11,28 aB	12,00 aC

Em que: CG5 – Café com grevilea de 5 anos, CG10 – Café com grevilea de 10 anos, CG30 – Café com grevilea de 30 anos, FN – floresta nativa. Letras minúsculas comparam as frações em cada sistema na mesma profundidade e letras maiúsculas comparam os sistemas nas mesmas frações em cada profundidade. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Fisher a 5% de significância.

A superioridade em macroagregados encontrada em CG10 pode ser explicada, pelas características conservacionistas de sistemas agroflorestais, que proporciona maior estoque de matéria orgânica do solo (MOS). A MOS é um agente responsável pela formação de macroagregados e propicia a formação e estabilização de macroagregados (Tisdall & Oades, 1982). A ausência de utilização de maquinários agrícolas em culturas com sistemas perenes mantém presentes no solo agentes ligantes que proporcionam a formação de macroagregados (Isaac et al., 2005; Rita et al., 2010). Entretanto, o fato de CG30 apresentar menor concentração de macroagregados nas camadas superficiais não foi totalmente compreendida, mas é provável que a idade mais avançada do sistema pode estar indicando um início de sua senescência ou diminuição do estágio clímax, o que diminui sua produtividade.

A massa de agregados livre de areia foi de 15,62% da massa do solo, correspondendo a uma redução de 82,05% de sua massa antes da correção (Figura 1). Antes da correção da areia, os agregados do solo representaram em média 87,13% da massa total do solo.

Figura 1 - Quantidade de agregados presente no solo após correção de areia, dispersos no solo em uma cronossequência de café e grevilea no município de Piatã, Bahia, Brasil

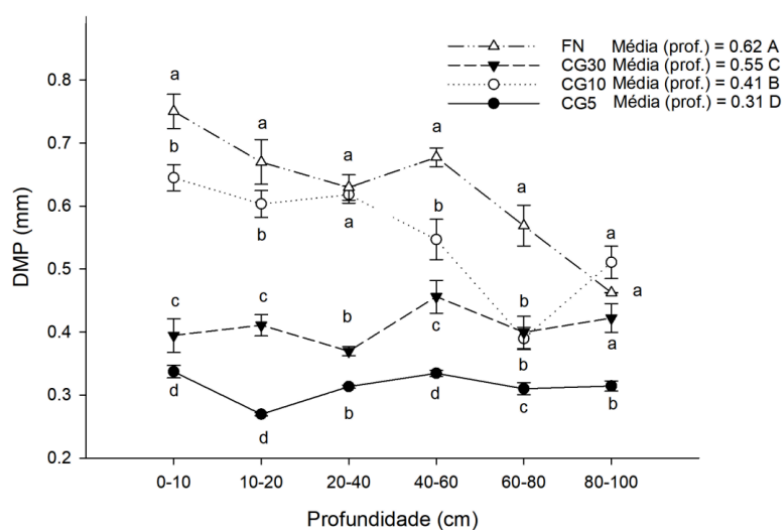


CG5 – Café com grevilea de 5 anos, CG10 – Café com grevilea de 10 anos, CG30 – Café com grevilea de 30 anos, FN – floresta nativa. S+A = %Silte + Argila, Areia = %Areia, Macro + Micro = Soma de macro e microagregados.

O diâmetro médio ponderado (Figura 2) apresentou nas camadas superficiais (até 20 cm) e na camada de 40-60 cm, comportamento semelhante, em que FN, apresentou maior diâmetro de agregados, seguido por CG10, CG30 e, por último, CG5. Na profundidade de 20-40 cm, CG10 e FN foram estatisticamente semelhantes, ambos apresentando valores superiores a CG30 e CG5, que também foram semelhantes entre si. Em 60-80 cm de profundidade, FN apresentou o maior DMP em relação aos demais sistemas. CG30 e CG10 foram semelhantes entre si, sendo superiores a CG5. Na profundidade de 80-100 cm, houve homogeneidade ao comparar o DMP dos SAFs mais antigos

e FN, todos sendo estatisticamente superiores a CG5. A média de DMP foi maior na FN e dentre os SAFs, o maior foi encontrado em CG10, seguido de CG30, com exceção da camada 60-80 e 80-100 cm. Entre os sistemas, houve maior DMP na FN, seguida dos SAFs na seguinte sequência: FN > CG10 > GCG30 > CG5. Por outro lado, nas profundidades, a tendência é de diminuição no tamanho de DMP com o aumento da profundidade, de forma mais clara nos SAFs CG10 e FN (Figura 2). O maior DMP nos sistemas mais velhos que CG5 indica que tais sistemas, por ocorrer maior acúmulo de serapilheira, contribuem para a adição de MOS, que influencia a estabilidade de agregados. A estabilidade dos agregados está condicionada ao fornecimento contínuo e suficiente de matéria orgânica para compensar a rápida perda de carbono orgânico no solo (COS) (Bronick; Lal, 2005).

Figura 2 - Diâmetro Médio Ponderado (DMP) dos agregados em uma cronosequência de café e grevilea no município de Piatã, Bahia, Brasil.



Letras minúsculas comparam DMP em cada sistema na mesma profundidade e letras maiúsculas (na legenda) comparam os sistemas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Fisher a 5% de significância

CONCLUSÃO

As perdas de agregação, principalmente macroagregados, destacam a influência da antropização dos sistemas de cultivo, mesmo que estes reconhecidamente se aproximem da FN como os SAFs. Notou-se que os SAFs com maior idade apresentam maior estabilidade dos agregados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELLIOTT, E. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. **Soil science society of America journal**, v. 50 n. 3, p. 627-633, 1986.

GAMA-RODRIGUES, E. F. *et al.* Carbon storage in soil size fractions under two cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. **Environmental management**, v. 45, p. 274-283, 2010.

ISAAC, M. E. *et al.* Temporal changes in soil carbon and nitrogen in west African multistrata agroforestry systems: a chronosequence of pools and fluxes. **Agroforestry Systems**, v. 65, p. 23-31, 2005.

MULUMBA, L. N. & LAL, R. Mulching effects on selected soil physical properties. **Soil and Tillage Research**, v. 98 n. 1, p. 106-111, 2008.

NAIR, P. K. R., NAIR, V. D. Solid–fluid–gas: the state of knowledge on carbon sequestration potential of agroforestry systems in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 6, p. 22-27, 2014.

NOELLEMEYER, E. *et al.* Carbon contents and aggregation related to soil physical and biological properties under a land-use sequence in the semiarid region of central Argentina. **Soil Tillage Res.**, v. 99 p. 179-190, 2008.

RITA, J.C. *et al.* C e N contents in density fraction of whole soil and soil size fraction under cacao agroforest system and natural forests in Bahia, **Brazil. J. Environ. Manag.** V. 48, p. 134–141, 2011.

SILVA, I.F., MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 313-319, 1997.

SIX, J *et al.* A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil Tillage Res.**, v. 79, n. p. 7-31, 2004.

THOMAZINI, A. *et al.* SOC dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rainforest of Brazil. **Geoderma Regional**, v. 5, p. 15-24, 2015.

TISDALL, J. M. & OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of soil science**, v. 33 n. 2, p. 141-163, 1982.

VICENTE, L. C. *et al.* Organic carbon within soil aggregates under forestry systems and pasture in a 739-southeast region of Brazil. **CATENA**, v. 182, p. 104-139, 2019.

WOHLENBERG, E. V. *et al.* Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 891-900, 2004.