

AVALIAÇÃO DO CARBONO E DE ATRIBUTOS FÍSICOS EM SOLOS ARENOSOS SUBMETIDOS À MUDANÇA DO USO DA TERRA NA CULTURA DO EUCALIPTO

Fernando José Pereira de Alcântara

Graduando em Agronomia,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/ AEMS

Ângelo Barcellos de Almeida

Graduando em Agronomia,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/ AEMS

Diego Gonçalves Feitosa

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Sistema de Produção Vegetal – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

O setor florestal está ganhando mais destaques, no setor econômico brasileiro, particularmente com a cultura do eucalipto, para as indústrias de papel e celulose, moveleira, para combustível, biomassa, bioenergia, moirões, postes, carvão, entre outras finalidades. As áreas florestais, além de suma importância no setor econômico brasileiro, têm relevante papel no ciclo global do carbono, sendo apresentado, como uma das principais práticas no sequestro do mesmo, quando associada a práticas silviculturais que corroboram ações conservacionistas, onde o revolvimento do solo é reduzido, a cobertura vegetal é mantida e o melhor aproveitamento das áreas de cultivo. O solo é considerado, na atualidade, o mais importante reservatório e mais eficiente estabilizador de carbono orgânico (CO). O CO introduzido nos solos, sua maior parte, via matéria orgânica, tem papel relevante em vários atributos e destacada importância ainda mais em solos arenosos. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi verificar alterações nos teores e no estoque de CO, a influência deste carbono sobre atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, em áreas de eucalipto. Tendo como uma das premissas desta análise bibliográfica, torna-se evidente que o mesmo foi descrever a mudança das propriedades do solo quando colocado a cultura do eucalipto. Tendo com esse trabalho verificar as alterações nos teores de CO e influência do mesmo sobre atributos físicos do solo, em áreas com plantio de eucalipto. Foram mostrados em plantações florestais de eucalipto, demonstram maior potencial de incorporação de carbono ao solo, que áreas com outro tipo de atividade comercial.

PALAVRA CHAVE: estabilidade de agregados; estoque de carbono; solos antropizados; manejo teores de argila; solos degradados; recuperação de solos.

1 INTRODUÇÃO

As áreas florestais têm papel relevante no ciclo global do carbono, sendo as plantações com espécies do gênero *Eucalyptus* as mais extensas no Brasil, com 5,1 milhões de hectares, pois fornecem matéria prima para vários setores industriais (ABRAF, 2013). Estudos apontam que a agricultura é o segundo maior emissor de carbono, superada apenas pela emissão gerada por combustíveis fósseis (Fu et al.,

2010; LOZANO-GARCÍA; PARRAS-ALCÁNTARA, 2013), devido as mudanças no uso do solo, revolvimento intenso, desmatamento, queimadas, operações mecanizadas, entre outros. Em contrapartida a esse cenário, encontra-se o cultivo de eucalipto, onde segundo Cook et al., (2016), após três plantios sucessivos, em três regiões brasileiras, distintas em clima e solo, ocorreu a redução no estoque de carbono.

Este carbono, quando incorporado ao solo, apresenta mudanças mensuráveis nos estoques que acompanham o uso e cobertura da terra principalmente no primeiro metro da camada superior do solo, embora a presença de raízes profundas dos sistemas florestais determine um ciclo eficiente de carbono (C) em profundidades > 1 m e desempenha importante papel na formação e propriedades dos mesmos. O potencial de resposta do carbono do solo com Eucalyptus, às mudanças no uso da terra, clima ou composição atmosférica depende da forma e da dinâmica do carbono do solo. Estes, por sua vez, contêm mais carbono do que as quantidades totais presentes na vegetação e na atmosfera, apresentando-se, portanto, como o mais importante reservatório de carbono e como eficiente estabilizador desse carbono (OADES, 1995; SCHMIDT et al., 2011; GUAN et al., 2015), o que contribui para a mitigação do efeito estufa (SOUZA et al., 2012; CERRI et al., 2010).

O cultivo de eucalipto, se comparado à agricultura convencional, pode ser considerado um cultivo conservacionista, pois reduz a movimentação do solo, mas de acordo como Gama-Rodrigues et al. (2005), normalmente, é introduzido em solos de baixa fertilidade. Segundo Higa et al. (2000), o cultivo do eucalipto demanda solos profundos, enquanto acidez e compactação são fatores que podem ser corrigidos posteriormente, o que acaba induzindo a introdução desta espécie em áreas de solos profundos e normalmente de baixa fertilidade.

Assim espera-se que a conversão de pastagens degradadas para florestas plantadas de eucalipto possa contribuir para a estabilização do carbono orgânico no solo e, assim, melhorar alguns atributos físicos do mesmo.

2 OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho é verificar as alterações nos teores, estoque de CO₂ e a influência deste sobre alguns atributos físicos do solo, em áreas de conversão pastagem-eucalipto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema nas revistas acadêmicas científicas disponíveis on-line e impressas, livros, reunindo e comparando os diferentes dados encontrados nas fontes de consulta e listando os principais fatores que predispõe o estoque de CO e a influência deste sobre alguns atributos físicos do solo que apresentam características que puderam ser observados nos trabalhos desenvolvidos.

4 ATRIBUTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DO USO E MANEJO

Observou-se nos trabalhos avaliados que todos eles foram elaborados em lugares onde o eucalipto vem sendo cultivado em áreas de pastagem degradada, mostrando que após o ciclo da cultura do eucalipto, apresentaram portanto com menor revolvimento do solo superficial e maior concentração de matéria orgânica, que os demais sistemas de manejo dos solos, apenas na camada de 0,0-0,05m foram observados valores de densidades próximas aos de cerrado, sinalizando uma possível recuperação deste atributo (STAPE et al., 2014; MOREIRA et al., 2012).

As pastagens exibem a maior densidade na camada mais superficial dos solos, o que pode ser constatado ao pisoteio promovido pelo gado e à ausência de manejo conservacionista na área. Comportamento semelhante foi reportado por Martínez e Zinck et al., (2004) para pastagens, tanto em solo arenoso como argiloso sob pastagem, onde a densidade aumentou 30 e 40 %, respectivamente. Pariz et al., (2011), embora solos de textura média, também atribuíram os incrementos na densidade ao pisoteio promovido pelo gado e acrescentaram que este pode ser responsável pela heterogeneidade em vários atributos físicos à superfície.

4.1 Mudança das Características de Densidade

A densidade possui relação direta com a porosidade total, pois à medida que aumenta a densidade diminui a macroporosidade, como consequência aumenta a resistência à penetração e à infiltração e percolação de água no solo, variáveis que quando alteradas afetam e dificultam o desenvolvimento vegetativo e a produção da cultura existente (TERAVEST et al., 2015; PARIHAR et al., 2016).

No cerrado a macroporosidade se aproxima da mínima adequada para as trocas líquidas e gasosas entre o ambiente externo e o solo, $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ou 10 %,

considerado crítico para o crescimento das raízes da maioria das culturas (KIEHL, 1979; ROSSETIE CENTURION, 2015). Normalmente, o revolvimento do solo promove um incremento temporário na macroporosidade, porém este efeito é eliminado, segundo Silva et al. (2005), pela reconsolidação ou adensamento natural do solo, em função da ausência de revolvimento ao longo do tempo.

A distribuição dos agregados do solo, estáveis em água, indicou predominância de macroagregados (> 0,250mm) (TISDALL; OADES,1982), e diferiu, entre os sistemas de manejo e as camadas, no entanto, os agregados menores que 0,105 mm não apresentaram diferenças para os sistemas de manejo e nem para camadas. A maior porcentagem de agregados maiores que 2 mm, encontrada no cerrado perante áreas de cultivo de eucalipto. Áreas com menor movimentação de solo apresentam maior estabilidade dos agregados maiores (SIQUEIRA NETO et al., 2009).

Estes autores confirmam que a menor estabilidade dos macroagregados pode indicar comprometimento na qualidade do solo, a qual está diretamente relacionada à redução do teor de CO (NICHOLS; TORO, 2011; BAST et al., 2014; PARIHAR et al., 2016).

4.2 Comportamento do Carbono

Plantações florestais de eucalipto mostram maior potencial de incorporação de carbono ao solo do que áreas de uso agrícola, devido à maior biomassa depositada anualmente na forma de manta orgânica e de raízes mortas (SILVA et al., 2012).

Sena et al. (2019), que trabalharam com avaliação da cultura do eucalipto comparado com pastagem, os resultados demonstram que nessas áreas, entretanto, os teores de CO foram menores que comparados com os do cerrado, indicando que nem os dois ciclos de eucalipto, sendo 15 anos de reflorestamento acarretaram em incrementos importantes em CO nesta área de solo arenoso. Estes resultados sugerem que outras ações, como incorporação de resíduos, integração silvo pastoril, manejo conservacionista mais efetivo, deveriam ser conduzidas para elevar o teor de CO no solo destas áreas.

Trabalhos de pesquisa realizadas nesse mesmo contexto têm reportado que a conversão do cerrado em áreas cultivadas e pastagens que conduz à redução do CO e estoque de carbono do solo (SILVA et al., 2004; SIQUEIRA NETO et al., 2009; KASCHUK et al., 2010; GUAN et al., 2015; COOK et al., 2016).

A tendência do solo sob sistemas de manejo conservacionista em atingir valores similares de CO aos de área nativa, ou seja, cerrado, vem sendo reportada (SIX et al., 2000; MADARI et al., 2005; BARRETO et al., 2009). Por outro lado, os menores teores de CO nessas áreas demonstram o impacto negativo ocorrido no solo após a conversão da vegetação natural em sistemas de cultivo comercial, podendo ter acarretado menor ciclagem de nutrientes nessas áreas. Este impacto pode ter sido facilitado pela presença de, pelo menos, 700g kg⁻¹ de areia encontrada nesses solos, o que facilita a remoção de sílica e bases, bem como de coloides orgânicos. Na região Mediterrânea, o baixo pH e teor de CO dos solos foi atribuído à sua textura arenosa e franco arenosa (PARRAS-ALCÁNTARA et al., 2015). Cook et al. (2016), trabalhando em áreas de eucalipto, relacionou o estoque de carbono e o carbono do solo aos conteúdos de argila e cita que o incremento em 100g kg⁻¹ de argila no solo aumenta o carbono orgânico em 0,6-0,7Mg ha⁻¹.

4.3 Relevância Da Matéria Orgânica

O conteúdo de matéria orgânica do solo é aceito como agente de formação e estabilização dos agregados do solo (SIX et al., 2004; MULUMBA; LAL, 2008; NOELLEMAYER et al., 2008), e seu aumento deveria ser prioridade, não somente para o sequestro de carbono, mas também para aumento da qualidade, fertilidade, ciclagem de nutrientes e estabilidade da estrutura do solo (LI et al., 2007; BARRETO et al., 2009). A fração orgânica dos solos, quando sob uso agrícola, não apresenta à mesma estabilidade das frações minerais, assim, a utilização intensiva do solo com sistemas de cultivos inadequados contribui para a degradação do mesmo (CUNHA et al., 2012). Esta, possivelmente, ocorre com o manejo do solo, reduzindo a estabilidade de agregados como consequência das perdas de CO, o que aumenta a densidade e reduz a porosidade observada nesta revisão.

O conteúdo de CO no solo é maior próximo da superfície devido à concentração de matéria orgânica ocorridos via cobertura vegetal sobre o solo (ARRUDA et al., 2015; COSTA Jr et al., 2012; GUARESCHI et al., 2012; GUAN et al., 2015; COOK et al., 2016).

Redução no estoque de carbono na conversão de vegetação natural em áreas de cultivo comercial variando de 23-34% foi também verificada por Guan et al. (2015), corroborando as observações feitas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise bibliográfica do tema, torna-se evidente que atributos físicos foram influenciados pelos sistemas de manejo, tendo a pastagem apresentado a maior antropização.

A análise bibliográfica também mostra que em plantações florestais de eucalipto demonstram maior potencial de incorporação de carbono ao solo do que áreas com outro tipo de atividade comercial no uso do solo, devido à maior biomassa depositada anualmente na forma de manta orgânica e de raízes mortas, sendo importante falarmos que o sistema de manejo do solo usado pode reduzir o carbono orgânico e o estoque de carbono, indicando ocorrência de antropização, quando comparado ao solo sob cerrado.

É relevante também ressaltar que com a introdução do eucalipto em área de pastagem, observam-se sinais de recuperação de alguns atributos físicos do solo, como redução na densidade, aumento na porosidade, macroporosidade e porosidade total, que podem ser consideradas adequadas no cerrado e no eucalipto após o primeiro ciclo, enquanto a pastagem exibe condições restritivas ao desenvolvimento das plantas.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, E. M. et al. Aggregation and organic matter content in different tillage systems for sugarcane. *Afr J Agric Res.* v. 10, p. 281-288, 2015.

BARRETO, R. C. et al. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferral sol in Southern Brazil. *Agric Ecosyst Environ.* v. 132, p. 243-251, 2009.

BAST, A. et al. The use of mycorrhiza for eco-engineering measures in steep alpine environments: effects on soil aggregate formation and fine-root development. *Catena.* v. 39, p. 1753-1763, 2014.

CERRI, C. C. et al. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. *Sci Agric.* v. 67, p. 102-116, 2010.

COOK, R. L.; BINKLEY, D.; STAPE, J. L.; Eucalyptus plantation effects on soil carbon after 20 years and three rotations in Brazil. *Forest Ecology and Management.* v. 359, p. 92-98, 2016.

COSTA, J. R. C. et al. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma Cerrado. *R Bras Ci Solo.* v. 33, p. 1-12, 2012.

CUNHA, E. Q. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. *Rev Bras Eng Agríc Amb.* v. 16, p. 56-63, 2012.

FU, X. L. et al. Soil organic carbon and total nitrogen as affected by vegetation types in Northern Loess Plateau of China. *Geoderma.* 2010, 155:31-5.

GAMA-RODRIGUES, E. F. et al. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. *R Basic Solo.* v. 29, p. 393-401, 2005.

GUAN, F. et al. Changes in soil carbon and nitrogen stocks followed the conversion from secondary forest to Chinese fir and Moss bamboo plantations. *Catena.* v. 133, p. 455-460, 2015.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. *R Basic Solo.* v. 36, p. 909-920, 2012

HIGA, R. C. V.; MORA, A. L.; HIGA, A. R. Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural. Curitiba: Embrapa-Florestas, 24 p. (Documentos, 54), 2000.

KIEHL, E. J. Manual de Edafologia: Relação solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres; 1979.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three Decades of Soil Microbial Biome Studies in Brazilian Ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. *Soil Biochem.* v. 42, p. 1-13, 2010.

LOZANO-GARCÍA, B.; PARRAS-ALCÁNTARA, L. Land use and management effects on carbon and nitrogen in Mediterranean Cambisols. *Agric Ecosystem Environ.* v. 179, p. 208-214, 2013.

MADARI, B. E. et al. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol From Southern Brazil. *Soil Till Res.* v. 80, p. 185-200, 2005.

MARTÍNEZ, L. J.; ZINCK, J. A. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonia. *Soil Till Res.* v. 75, p. 3-17, 2004.

MULUMBA, L. N.; LAL, R. Mulching effects on select soil properties. *Soil Till Res.* v. 98, p. 106-111, 2008.

NICHOLS, K. A.; TORO, M. A whole soil stability index (WSSI) fore valuating soil aggregation. *Soil Till Res.* v. 111, p. 99-104, 2011.

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 Till Res.* c. 99, p. 179-190, 2008.

PARIHAR, C. M. et al. Long term effect of conservation agriculture in maize rotations on total organic carbon, physical and biological properties of a Sandy loam soil in north-western Indo-Gangetic Plains. *SoilTill Res.* v. 161, p. 116-128, 2016.

PARIZ, C. M. et al. Spatial variability of forage yield and soil physical attributes of a *Brachiaria decumbens* pasture in the Brazilian Cerrado. *Rev Bras Zootec.* v. 40, p. 2111-2120, 2011.

PARRAS-ALCÁNTARA, L.; DÍAZ-JAIMES, L.; LOZANO-GARCÍA, B. Management effects on soil organic carbon stock in Mediterranean open rangelands-treeless grasslands. *Land DegradDevelop.* v. 26, p. 22-34, 2015.

ROSSETI, K. V.; CENTURION, J. F. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronosequência sob diferentes manejos. *R Bras. Eng. Agríc. Amb.* v. 19, p. 252-258, 2015.

SCHMIDT, M. W. I. et al. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature.* v. 478, p. 49-56, 2011.

SILVA, C. F. et al. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividades enzimáticas do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem - Processos e propriedades do solo. *R Brasileira de Ciencia de Solo.* v. 36, p. 1680-1689, 2012.

SILVA, C. G. et al. Atributos físicos, químicos e erosão entre sulcos sob chuva simulada, em sistemas de plantio direto e convencional. *Eng Agric.* v. 25, p. 144-153, 2005.

SIQUEIRA NETO, M. et al. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. *Acta Sci Agric.* v. 31, p. 709-717, 2009.

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

SIX, J. et al. Soil Structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil SciSoc Am J.* v. 64, p. 681-689, 2000.

SOUZA, J. L.; PREZOTTILC; GUARCONI, M. A. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. *Idesia.* v. 30, p. 7-15, 2012.