

Atributos físicos e teor de matéria orgânica em área de Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo

Physical attributes and organic matter content in the Cerrado area under different cultivation systems

Atributos físicos y el contenido de matéria orgânica em la zona del Cerrado bajo diferentes sistemas de cultivo

Recebido: 11/12/2019 | Revisado: 22/01/2020 | Aceito: 14/02/2020 | Publicado: 29/02/2020

Kelvin Monson Serpa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7805-6130>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: kelvinserpa@hotmail.com

Felipe das Neves Monteiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8024-6953>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: felipeuems@gmail.com

Karina dos Santos Falcão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6973-1723>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: falcão_karina@hotmail.com

Roniedison da Silva Menezes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3778-1878>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: roniedison1@hotmail.com

Rafael Silva Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4372-440X>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: Rafael.ferreira@agronomo.eng.br

Elói Panachuki

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5816-7466>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: eloip@uems.br

Resumo

O cultivo de diferentes espécies promove alterações positivas ou negativas nas propriedades químicas, físicas ou biológicas do solo. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar os atributos físicos do solo e os teores de matéria orgânica no Cerrado, sob diferentes sistemas de cultivo. Os tratamentos avaliados foram o cerrado sensu stricto, cerrado em regeneração, eucalipto e cana-de-açúcar, utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições nas faixas de profundidade 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Em todos os tratamentos foram realizadas análises de matéria orgânica, resistência à penetração das raízes (RP) e índice de agregados. Para o índice de agregados no solo, foi considerado o diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP). Os tratamentos denominados cerrado sensu stricto, cerrado em regeneração e eucalipto foram os que apresentaram maiores valores de DMG e DMP e não diferiram estatisticamente entre si nas faixas de 0-10 e 10- 20 cm de profundidade. A matéria orgânica no solo nos sistemas florestais (CN, CR e EUC) contribui positivamente nos índices de DMG e DMP, o que resulta em uma melhoria na estrutura física do solo. A menor RP observada em CA na camada 0-10 cm está associada ao revolvimento do solo durante o plantio, o que justifica os baixos valores de DMG e DMP encontrados nesse tratamento. Nas profundidades superiores a 20 cm, todos os tratamentos apresentam valores críticos quanto à RP, o que pode comprometer o sistema radicular das culturas em profundidade.

Palavras-chave: Agregação do solo; Eucalipto; Resistência do solo à penetração.

Abstract

The cultivation of different species promotes positive or negative changes in the chemical, physical or biological properties of the soil. In this context, this work aimed to evaluate the physical attributes of the soil and the organic matter levels in the Cerrado, under different cultivation systems. The treatments evaluated were the Cerrado sensu stricto, Cerrado in regeneration, eucalyptus and sugarcane, used entirely randomized design (DIC), with six repetitions in the ranges of depth 0-10, 10-20 and 20-40 cm. In all treatments analyses of organic matter, resistance to root penetration (RP) and aggregate index were performed. For the aggregate index in the soil, the geometric mean diameter (DMG) and weighted mean diameter (DMP) were considered. The treatments called Cerrado sensu stricto, Cerrado in regeneration and eucalyptus were those with the highest values of DMG and DMP and did not differ statistically in the ranges of 0-10 and 10- 20 cm depth. The organic matter in the soil in forest systems (LU, CR and EUC) contributes positively to the DMG and DMP indices,

which results in an improvement in the soil physical structure. The lower PR observed in CA in the 0-10 cm layer is associated with soil development during planting, which justifies the low values of DMG and DMP found in this treatment. At depths of more than 20 cm, all treatments have critical values for PR, which can compromise the root system of deep cultures.

Keywords: Aggregates; Eucalyptus; Soil penetration resistance.

Resumen

El cultivo de diferentes especies promueve cambios positivos ou negativos en las propiedades químicas, físicas o biológicas del suelo. En este contexto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar los atributos físicos del suelo y los niveles de materia orgánica en la sabana, bajo diferentes sistemas de cultivo. Los tratamientos evaluados fueron el cerrado sensu stricto, cerrado en regeneración, eucalipto y caña de azúcar, utilizados en diseño totalmente aleatorio (DIC), con seis repeticiones en los rangos de profundidad 0-10, 10-20 y 20-40 cm. En todos los tratamientos se realizaron análisis de la materia orgánica, la resistencia a la penetración de las raíces (RP) y el índice de agregación. Para el índice agregado en el suelo, se consideraron el diámetro medio geométrico (DMG) y el diámetro medio ponderado (DMP). Los tratamientos llamados cerrado sensu stricto, cerrado en regeneración y eucalipto eran los que tenían los valores más altos de DMG y DMP y no diferían estadísticamente en los rangos de 0-10 y 10- 20 cm de profundidad. La materia orgánica del suelo en los sistemas forestales (LU, CR y EUC) contribuye positivamente a los índices DMG y DMP, lo que resulta en una mejora de la estructura física del suelo. La menor PR observada en CA en la capa de 0-10 cm se asocia con el desarrollo del suelo durante la plantación, lo que justifica los bajos valores de DMG y DMP encontrados en este tratamiento. A profundidades de más de 20 cm, todos los tratamientos tienen valores críticos de PR, que pueden comprometer el sistema de raíces de los cultivos profundos.

Palabras clave: Áridos; Eucalipto; Resistencia a la penetración del suelo.

Introdução

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, e também considerado um “hotspot” para a conservação da biodiversidade mundial devido à alta concentração de espécies endêmicas, porém apresenta elevada perda de seus habitats naturais por ser apontado como uma das últimas fronteiras agrícolas. De acordo com Cerri et al. (2018) a exploração

agropecuária no Cerrado brasileiro deve ser encorajada, pois isto seria capaz de diminuir a pressão exploratória em áreas da Amazônia.

A produção agropecuária vem apresentando nas últimas décadas crescente interesse nos efeitos do manejo do solo sobre os estoques de matéria orgânica do solo (MOS), porque o aumento do armazenamento orgânico de carbono (C) em solos agrícolas pode contribuir significativamente para minimizar as mudanças climáticas (Lal, 2009; IPCC, 2014).

O uso intensivo do solo causa o empobrecimento do sistema, e a implantação de diferentes espécies promovem alterações positivas e negativas nas propriedades do solo (Pereira et al., 2000). Entre elas, destaca-se a resistência do solo à penetração, que está diretamente relacionada com o crescimento das plantas (Letey, 1985). Valores excessivos de resistência do solo à penetração influenciam no crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (Merotto & Mundstock, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular.

A estrutura do solo é um indicador chave na identificação de sua qualidade, mas também serve como balizador da sustentabilidade dos sistemas agropecuários de produção por poder apontar os efeitos desses sistemas no solo devido à sua relação com muitas propriedades e processos do solo (Devine et al., 2014).

A formação de macroagregados estáveis são responsáveis pela estrutura do solo, entre outras propriedades emergentes (Salton et al., 2008). Dentre estes atributos ressalta-se o teor de matéria orgânica do solo, pois este é considerado por diversos pesquisadores como o principal agente de estabilização dos agregados do solo (Salton et al., 2008; Conforti et al., 2013; Cândido et al., 2014). A estabilidade dos agregados atua como uma força de resistência contra a ação mecânica de degradar a estrutura, resistindo às forças atuantes da compactação do solo (Silva et al., 2006).

Sendo o entendimento do processo da formação estrutural do solo ligado a compreensão da interação dos aspectos biológicos, químicos, geológicos e físicos dentro do ambiente solo, podendo a estabilidade dos agregados ser compreendida como um reflexo dependente do equilíbrio integrado desses fatores (Brevik et al., 2015). Desta forma o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no teor de matéria orgânica no solo em área de Cerrado.

Metodologia

O estudo foi desenvolvido na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, localizada na cidade de Aquidauana -

MS (latitude 20°20' S, longitude 55°48' W e altitude média de 191 m). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico, fisicamente profundo, moderadamente drenado e com textura arenosa (738 g kg⁻¹ de areia, 158 g kg⁻¹ de silte e 104 g kg⁻¹ de argila). O clima é classificado segundo o sistema internacional de Köppen, como Aw “Tropical Quente, Sub-Úmido, com período seco entre abril e setembro e chuvoso entre outubro e março, com precipitação pluvial média anual de 1.400 mm e temperatura média anual de 24°C. A topografia da região é suavemente ondulada, e a declividade média da área experimental é de 0,03 m m⁻¹.

Os tratamentos avaliados foram Cerrado sensu stricto (CN), Cerrado em regeneração (CR), eucalipto (EUC) e cana de açúcar (CA) e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos diferentes sistemas de cultivo avaliados.

Sistema de Cultivo	Características
Cerrado sensu stricto (CN)	Área de mata nativa em estágio secundário pertencente a fitofisionomia Cerradão, sem histórico de interferência antrópica, sendo referência para comparação dos atributos físicos do solo. Apresenta savana arbórea densa com fragmentos de savana arbórea aberta.
Cerrado em Regeneração (CR)	Área de estudo anteriormente ocupada por pastagem plantada. Atualmente, encontra-se em processo de regeneração com aproximadamente 10 anos de pousio a partir do banco de sementes presente no solo.
Eucalipto (EUC)	Clone de <i>Eucalyptus grandis</i> com dez anos de implantação conduzidos por rebrota, sem qualquer manejo e adubação, com espaçamento 2 x 3 m.
Cana-de-açúcar (CA)	Cultivo de cana-de-açúcar (<i>Saccharum spp</i>) cultivado continuamente com a variedade RB855536 e estava em seu segundo corte, com 3 anos de implantação, sob preparo

convencional com duas arações e uma gradagem niveladora, sendo feita a colheita de forma manual e sem queima.

Para as análises de estabilidade de agregados, inicialmente com as amostras secas ao ar, foi realizada a desagregação pelos pontos de fraqueza da totalidade da amostra, com posterior peneiramento em jogo de peneiras de 8,00 mm e 4,00 mm. Da fração retida na peneira de 4,00 mm, foi separado 50 g de agregados, que foram umedecidos sobre papel filtro durante 5 minutos. Posteriormente, as amostras foram submetidas ao peneiramento em água pelo método descrito por Kemper e Chepil (1965), em agitador mecânico tipo Yoder (YODER, 1936) em jogo de peneiras com malhas de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,125 mm.

Após o peneiramento em água, através da massa obtida em cada classe de peneira, foi calculado o diâmetro médio ponderado (DMP) (KIEHL, 1979), o diâmetro médio geométrico (DMG) (KEMPER; ROSENAU, 1986). As amostras de solo foram coletadas de forma indeformada e nas faixas de profundidade correspondente à 0-10, 10-20 e 20-40 cm.

A resistência à penetração foi determinada pelo penetrômetro de impacto, avaliado o número de impactos na camada de 0,0-0,40 m de profundidade. Os dados obtidos em número de impactos foram transformados para resistência à penetração (MPa), utilizando a equação definida por Stolf et al. (1983). A conversão em pressão de penetração ou resistência à penetração (em unidades de MPa), ocorre através da equação apresentada abaixo, descrita em detalhes por Stolf (1991):

$$RP = \left(\frac{Mg \times h}{A \times P} \right) \left(\frac{M}{M+m} \right) + \frac{(Mg+mg)}{A} g \quad \text{eq.1}$$

Onde: A (cm²) é a área da base do cone; M (kg) é a massa do corpo que provocou o impacto; m (kg) é a massa dos demais componentes do penetrômetro; Mg e mg = leituras anteriores (Mg) e posteriores (mg) da realização dos impactos (cm); h (cm) é a altura da queda de M; P (kgf) é a medida de penetração unitária ocasionada por um impacto; e g (ms⁻²) é a aceleração da gravidade.

Para a avaliação dos teores de matéria orgânica, as amostras são indeformadas e retiradas com trado holandês, avaliadas pelo método volumétrico de dicromato de potássio (Teixeira et al., 2017). A porcentagem de carbono orgânico existente na amostra foi dada pela seguinte expressão:

$$\text{g de carbono/kg de TFSE} = 0,006 \times V(40 - V_a \times f) \times 'f' \quad \text{eq.2}$$

Onde: $f = 40$ / volume sulfato ferroso gasto na prova em branco

A porcentagem de matéria orgânica foi calculada pela multiplicação do carbono orgânico por 1,724. Esse fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média dos húmus o carbono participa com 58% (Teixeira et al., 2017).

Para todos os atributos avaliados foram coletadas 6 amostras por profundidade e em cada tratamento, totalizando 16 repetições por tratamento. Os valores de DMG, DMP, MOS e RP foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para avaliar o efeito dos tratamentos, e obter uma estimativa de variância residual com posterior aplicação do teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todos os tratamentos estudados, ocorreu redução nos valores de DMG e DMP à medida em que se aumentou sua profundidade no solo (Tabela 1). Provavelmente, esse comportamento pode ser atribuído a maior proteção superficial que existe no solo, tanto pelas culturas quanto pela presença de plantas espontâneas, que criam um ambiente favorável à agregação através da ação das raízes, pela cobertura vegetal do solo, fornecimento de resíduos orgânicos e conservação da umidade favorável à ação de microrganismos. Resultados semelhantes foram encontrados por Salton et al. (2008); Schiavo & Colodro (2012); Alho et al. (2014) e Prevedello et al. (2014).

Tabela 2. Valores médios dos índices de DMP, DMG, MOS e RP para os diferentes tipos de cobertura vegetal em um Argissolo Vermelho distrófico, Aquidauana-MS.

Cobertura	DMP	DMG	MOS	RP
Vegetal	(mm)	(mm)	(%)	(MPa)
0 – 10 cm				
CN	4,08 a	2,69 a	5,20 a	1,67 a
CR	4,08 a	2,44 a	1,49 b	1,39 ab
EUC	3,22 a	1,69 ab	4,09 a	1,51 ab
CA	1,82 b	0,79 bc	4,76 a	0,84 b
10 - 20 cm				
CN	3,78 a	2,38 a	3,27 a	3,95 a
CR	3,59 a	1,81 ab	2,67 a	2,45 a

EUC	2,62 b	1,05 bc	3,65 a	4,19 a
CA	1,39 c	0,60 c	2,67 a	2,62 a
20 – 40 cm				
CN	3,33 a	2,95 a	1,28 a	3,58 c
CR	3,05 a	2,75 a	0,39 a	6,12 b
EUC	1,88 b	1,62 ab	1,07 a	8,83 a
CA	0,85 bc	0,40 b	0,88 a	4,87 bc

Onde: CN: cerrado sensu stricto, CR: cerrado em regeneração, EUC: eucalipto; CA: cana de açúcar. Valores médios seguidos por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Os tratamentos CN, CR e EUC foram os que apresentaram maiores valores de DMG e DMP e não diferiram estatisticamente entre si na camada de 0-10 cm de profundidade. Em todas as profundidades, CA apresentou as menores médias de DMP e DMG. Possivelmente isso ocorreu devido ao fato de áreas com espécies florestais preservarem os estoques de matéria orgânica e manterem o estado de agregação do solo (Zinn et al., 2011). As moléculas orgânicas atuam na formação e estabilização dos agregados, além de servirem como fonte de energia para os microrganismos, que são importantes agentes de agregação (Wohlenberg et al., 2004). Além disso, o sistema radicular das árvores durante o seu crescimento, exercem pressão e aproximam as partículas do solo, predispondo à formação de agregados e à estabilização da estrutura do solo (Lal, 2009), mesmo em árvores que se encontram em estágio inicial de crescimento (Gonçalves, 2002).

O sistema CA apresentou valores médios de 0,85 mm para DMP e 0,40 mm para DMG, sendo os menores valores encontrados na profundidade de 20 - 40 cm. Esse resultado possivelmente ocorreu devido ao preparo do solo nesse sistema, que altera diretamente à camada 0-20 cm, causando um efeito destrutivo da estrutura do solo (Corrêa, 2002). Valores semelhantes foram encontrados por Góes et al. (2018), ao avaliar o efeito do cultivo da cana-de-açúcar na estabilidade de agregados e na condutividade hidráulica do solo.

Quanto as concentrações de matéria orgânica (Tabela 1) na profundidade de 0 – 10 cm, somente o CR se diferiu das demais áreas, com valores médios 3x menores quando comparado ao CN. O aumento do teor de MOS na camada de 0-10 cm e a diminuição em profundidade, são características explicadas pelo maior aporte de material orgânico na camada superficial devido à presença dos restos culturais da vegetação e do sistema radicular das plantas (Agne & Klein, 2014). Salton et al. (2008) explicam que as massas radiculares das

culturas atuam como um aporte de matéria orgânica ao solo e são fundamentais para a existência dos macroagregados.

Barreto et al. (2014), também observaram em florestas de eucalipto valores semelhantes para teor de MOS, explicado pelo estágio em que o eucalipto está, onde, com o aumento da idade, maiores são os teores de celulose e lignina, justamente os compostos que influenciam na velocidade de decomposição dos resíduos, os quais limitam o acesso dos microrganismos ao substrato, proporcionando um maior nível de resistência da serapilheira. Por outro lado, no ambiente de mata nativa, naturalmente, há uma maior diversidade de espécies vegetais, com deposição de resíduos em quantidades e qualidades diferentes, onde ocorre maior ciclagem, pela maior presença de outros organismos como ácaros, colembolos, fungos, bactérias, etc. (Brady & Weill, 2013).

As camadas de solo com maiores teores de matéria orgânica são as mesmas que apresentam maiores valores de DMG e DMP, com exceção do tratamento regeneração, que apresentou um aumento do teor de matéria orgânica na profundidade 10-20 cm. Esse fator pode estar atribuído ao uso e ocupação do CR anterior ao período de pousio, cultivado com pastagem. Com o passar dos anos, a área foi abandonada e dado processo de regeneração natural. Dessa maneira, as raízes da pastagem decomposta são grandes responsáveis pelo aporte de matéria orgânica nas camadas mais inferiores do solo. Por outro lado, valores elevados de RP nos diferentes sistemas florestais quanto ao aumento em profundidade podem estar atrelados ao adensamento natural do solo, visto que nessas áreas não ocorrem intervenção antrópica quanto ao manejo, permanecendo em pousio durante por pelo menos 7 anos.

Os valores de resistência do solo à penetração (RP, Tabela 1), dentre todos os tratamentos avaliados, observamos que CA foi o que apresentou menor valor na camada 0-10 cm. Esse resultado é justificado novamente pelo preparo do solo na área e o tipo de sistema radicular da cana-de-açúcar. O preparo convencional mantém a baixa densidade do solo e aumento da porosidade total, principalmente na camada superficial, favorecendo a desagregação da estrutura física do solo e a menor resistência à penetração das raízes (Marasca et al., 2015).

Seguindo classificação de Silva et al. (2005) quanto aos limites críticos para o desenvolvimento radicular, verifica-se que CR, EUC e CA apresentam valores variando entre 0,84 MPa na camada mais superior e 8,83 MPa nas camadas inferiores. Considerando a 0-10 cm, todos os tratamentos se enquadram com baixa resistência ao desenvolvimento das raízes. Para a faixa 20-40 cm, a resistência foi extremamente alta, o que indica que nesta camada

encontra-se um solo com maior dificuldade de ser penetrado pelas raízes, podendo resultar uma redução no desenvolvimento aéreo das espécies arbóreas devido à dificuldade em busca de água e nutrientes. Sugere-se assim, a utilização de técnicas como a subsolagem na área cultivada com cana-de-açúcar afim de melhorar as propriedades físicas nessa camada e proporcionar um melhor desenvolvimento do sistema radicular e garantir um bom desenvolvimento da cultura. Collares et al. (2006), estudando um Argissolo Vermelho distrófico arênico, no município de Santa Maria - RS, observaram que a resistência do solo à penetração foi o fator de maior limitação para o crescimento radicular das plantas, através dos valores medidos diretamente no campo e estimados pela umidade do solo.

Segundo Merotto & Mundstock (1999), um solo com resistência do solo à penetração entre 1 a 3,5 MPa pode restringir ou mesmo impedir o crescimento e o desenvolvimento das raízes. Santos et al. (1998), em estudo sobre produtividade de pastagens nativas melhoradas em um Cambissolo distrófico em Minas Gerais, encontraram valor de RP na camada de 0-0,18 m igual à 1,12 MPa. Valores de RP de 2,8 a 3,2 MPa retardam a elongação das raízes e com 4,0 MPa não há crescimento de raízes segundo Vepraskas e Miner (1986). Essas médias são semelhantes as encontradas nesse estudo.

CONCLUSÕES

A matéria orgânica no solo nos sistemas florestais (CN, CR e EUC) contribui positivamente nos índices de DMG e DMP, o que resulta em uma melhoria na estrutura física do solo sob essas coberturas vegetais. No entanto, não interferiu na resistência à penetração das raízes.

A menor RP observada em CA na camada 0-10 cm está associada ao revolvimento do solo durante o plantio, o que justifica os baixos valores de DMG e DMP encontrados nesse tratamento. Nas profundidades superiores a 20 cm, todos os tratamentos apresentam valores críticos quanto a RP, o que pode comprometer o sistema radicular das culturas em profundidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES e a FUNDECT pela concessão de bolsas, juntamente a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Referências

Agne, S. A., & Klein, V. A. (2014). Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(7), 720-726.

Alho, L. C., Campos, M. C. C., da Silva, D. M. P., Mantovanelli, B. C., & de Souza, Z. M. (2014). Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(3), 246-254.

Alvarez, V., & Schaefer, C. E. G. R. (2002). Tópicos em ciência do solo. *Viçosa: Sociedade*.

Brevik, E. C., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J. N., Six, J., & Van Oost, K. (2015). The interdisciplinary nature of SOIL. *Soil*, 1(1), 117-129.

Cândido, B. M., Silva, M. L. N., Curi, N., & Batista, P. V. G. (2014). Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(5), 1565-1575.

Castro Filho, C. D., Muzilli, O., & Podanoschi, A. L. (1998). Estabilidade dos agregados e sua rela o com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em fun o de sistemas de plantio, rota es de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22(3), 527-538.

Cerri, C. E. P., Cerri, C. C., Maia, S. M. F., Cherubin, M. R., Feigl, B. J., & Lal, R. (2018). Reducing Amazon deforestation through agricultural intensification in the Cerrado for advancing food security and mitigating climate change. *Sustainability*, 10(4), 989.

Collares, G. L., Reinert, D. J., Reichert, J. M., & Kaiser, D. R. (2006). Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(11), 1663-1674.

Conforti, M., Buttafuoco, G., Leone, A. P., Aucelli, P. P., Robustelli, G., & Scarciglia, F. (2013). Studying the relationship between water-induced soil erosion and soil organic matter using Vis-NIR spectroscopy and geomorphological analysis: A case study in southern Italy. *Catena*, 110, 44-58.

Corrêa, J. C. (2002). Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(2), 203-209.

Devine, S., Markewitz, D., Hendrix, P., & Coleman, D. (2014). Soil aggregates and associated organic matter under conventional tillage, no-tillage, and forest succession after three decades. *PloS one*, 9(1).

Góes, G. B., Greggio, T. C., Centurion, J. F., Beutler, A. N., & Andrioli, I. (2005). Efeito do cultivo da cana-de-açúcar na estabilidade de agregados e na condutividade hidráulica do solo. *Irriga*, 10(2).

IPCC (2014). Mitigation of climate change. *Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1454.

Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution.

Lal, R. (2009). Challenges and opportunities in soil organic matter research. *European Journal of Soil Science*, 60(2), 158-169.

Lavee, H., & Pariente, S. (2000). Soil Organic Matter and degradation. *SCAPE—Soil conservation and Protection for Europe. Laboratory of Geomorphology, Bar-Ilan University, Ramat-Gan, Israel*.

Letey, J. O. H. N. (1958). Relationship between soil physical properties and crop production. In *Advances in soil science* (pp. 277-294). Springer, New York, NY.

Llanillo, R. F., Richart, A., Tavares Filho, J., de Fátima Guimarães, M., & Ferreira, R. R. (2006). Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. *Semina: Ciências Agrárias*, 27(2), 205-220.

Lu, G., Sakagami, K. I., Tanaka, H., & Hamada, R. (1998). Role of soil organic matter in stabilization of water-stable aggregates in soils under different types of land use. *Soil Science and Plant Nutrition*, 44(2), 147-155.

Marasca, I., Lemos, S. V., Silva, R. B., Guerra, S. P. S., & Lanças, K. P. (2015). Soil compaction curve of an Oxisol under sugarcane planted after in-row deep tillage. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 39(5), 1490-1497.

Merotto Junior, A., & Mundstock, C. M. (1999). Wheat root growth as affected by soil strength. *Revista brasileira de ciencia do solo. Viçosa. Vol. 23, n. 2 (jun. 1999), p. 197-202.*

Nambiar, E. K. (1996). Sustained productivity of forests is a continuing challenge to soil science. *Soil Science Society of America Journal*, 60(6), 1629-1642.

Nowatzki, A., de Paula, E. V., & Santos, L. J. C. (2009). Delimitação das Áreas de Preservação Permanente e avaliação do seu grau de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado (Morretes/PR). *XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais... Viçosa: UFV.*

Pereira, W. L. M., Veloso, C. A. C., & Gama, J. R. N. F. (2000). Propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE).*

Salton, J. C., Mielniczuk, J., Bayer, C., Boeni, M., Conceição, P. C., Fabrício, A. C., ... & Broch, D. L. (2008). Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Revista brasileira de ciencia do solo. Campinas. Vol. 32, n. 1 (jan./fev. 2008), p. 11-21.*

Santos, D., Curi, N., Ferreira, M. M., Evangelista, A. R., da Cruz Filho, A. B., & Teixeira, W. G. (1998). Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 33(2), 183-189.

Schiavo, J. A., & Colodro, G. (2012). Agregação e resistência a penetração de um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária. *Bragantia*, 71(3), 406-412.

Silva Álvaro, M. A. S., Albuquerque, L. M. J. A., & Mielniczuk, C. B. J. (2005). Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. *Ciência Rural*, 35(3).

Silva, R. D., de Aquino, A. M., Mercante, F. M., & Guimarães, M. D. F. (2006). População de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um latossolo vermelho submetido a sistemas de uso do solo. *Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

Stolf, R. (1991). Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência de solo. *Revista brasileira de ciência do solo*, 15(3), 229-235.

Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). Manual de métodos de análise de solo. *Rio de Janeiro*, 4.

Vepraskas, M. J., & Miner, G. S. (1986). Effects of Subsoiling and Mechanical Impedance on Tobacco Root Growth 1. *Soil Science Society of America Journal*, 50(2), 423-427.

Wohlenberg, E. V., Reichert, J. M., Reinert, D. J., & Blume, E. (2004). Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(5), 891-900.

Yoder, R. E. (1936). A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses 1. *Agronomy Journal*, 28(5), 337-351.

Zinn, Y. L., Lal, R., & Resck, D. V. (2011). Eucalypt plantation effects on organic carbon and aggregation of three different-textured soils in Brazil. *Soil Research*, 49(7), 614-624.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Kelvin Monson Serpa – 20%

Felipe Das Neves Monteiro – 16%

Karina dos Santos Falcão – 16%

Roniedison da Silva Menezes – 16%

Rafael Silva Ferreira – 16%

Elói Panachuki – 16%