

Estimativa da macroporosidade e microporosidade em função de sistemas de manejo e plantas de cobertura em Latossolo Vermelho cultivado com soja

Estimation of macroporosity and microporosity as a function of management systems and cover crops in red soils cultivated with soybean

Estimación de la macroporosidad y microporosidad en función de los sistemas de manejo y los cultivos de cobertura en Latosol Rojo cultivado con soja

Recebido: 10/02/2022 | Revisado: 18/02/2022 | Aceito: 25/02/2022 | Publicado: 07/03/2022

Jordhanna Marília Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1349-1174>
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: jordhannamarilias@gmail.com

Cinara Xavier de Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7079-3400>
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: cinara@ufu.br

Luana Karolina Pena

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4885-3187>
Futura Agronegócios LTDA, Brasil
E-mail: luanapenaa@gmail.com

Ricardo Falqueto Jorge

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5353-2877>
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: falquetor@gmail.com

Leonardo Reis da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0369-3370>
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: leonardoreis80796@gmail.com

Iago Radamés Garcia Duarte

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6194-2590>
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: iagord@gmail.com

Resumo

Os sistemas de cultivos são práticas de manejo que têm por objetivo melhorar a produção agrícola. Diante disso, o cultivo convencional é caracterizado por utilizar técnicas tradicionais de preparo do solo, como aração e gradagem e no plantio direto há ocorrência mínima de revolvimento, com o solo sempre coberto por restos culturais. A quantificação da macroporosidade e microporosidade é de extrema importância para a determinação da qualidade física do solo, no entanto, é uma avaliação bastante trabalhosa. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi estimar estes atributos físicos a partir de equações propostas na literatura, em um Latossolo Vermelho argiloso em função de diferentes sistemas de manejo e de culturas em pré-safra à produção de soja, a partir de variáveis independentes como a textura e a densidade do solo. O experimento foi conduzido sob delineamento em blocos casualizados em faixas com esquema fatorial 2x6 e quatro repetições, pela combinação de dois sistemas de manejo (plantio direto e cultivo convencional) e cinco plantas de cobertura (crotalária, feijão-guandu, nabo forrageiro, milheto e lab-lab) e um pousio. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Concluiu-se que na camada 0-0,10 m os sistemas de preparo não apresentaram diferenças significativas para os atributos físicos avaliados. Já na camada 0,10-0,20 m o sistema de plantio direto apresentou menor valor de densidade do solo e maior macroporosidade em comparação ao plantio convencional. Dentre as plantas de cobertura, o nabo-forrageiro foi o que mais se destacou quanto a porosidade total e microporosidade do solo, em ambas as camadas avaliadas. Assim, a determinação dos atributos físicos do solo é de grande importância para o conhecimento do solo e aplicação de práticas adequadas de manejo.

Palavras-chave: Atributos físicos do solo; Plantas de cobertura; Sistemas de manejo.

Abstract

Cropping systems are management practices that aim to improve agricultural production. Therefore, conventional cultivation is characterized by using traditional soil preparation techniques, such as plowing and harrowing, and no-till

farming, in which there is minimal disturbance, with the soil always covered by cultural remains. The quantification of macroporosity and microporosity is extremely important for determining the physical quality of the soil, however, it is a very laborious evaluation. In this context, the objective of the present work was to estimate these physical attributes of a clay Red Latosol from equations proposed in the literature, as a function of different management systems and preharvest crops in soybean production, based on independent variables such as soil texture and density. The experiment was conducted in a randomized block design with 2x6 factorial scheme and four repetitions, by combining two management systems (no-till and conventional tillage) and five cover crops (crotalaria, cowpea, oilseed radish, millet and lab-lab) and a fallow. The data were submitted to variance analysis and the means were compared using Tukey's test, at 5% significance level. It was concluded that in the 0-0.10 m layer the tillage systems did not present significant differences for the physical attributes evaluated. However, in the layer 0.10-0.20 m the management system under no-till farming showed lower values of soil density and higher macroporosity in comparison to conventional planting. Among the cover crops, the oilseed radish was highlighted in terms of total porosity and soil microcosity, in both layer. Therefore, the determination of the physical attributes of the soil is of great importance for the knowledge of the soil and application of adequate management practices.

Keywords: Soil physical attributes; Cover crops; Management systems.

Resumen

Los sistemas de cultivo son prácticas de gestión destinadas a mejorar la producción agrícola. Por lo tanto, el cultivo convencional se caracteriza por el uso de técnicas tradicionales de preparación del suelo, como el arado y la grada, y la agricultura sin labranza, en la que la perturbación es mínima y el suelo siempre está cubierto de restos culturales. La cuantificación de la macroporosidad y la microporosidad es de extrema importancia para determinar la calidad física del suelo, sin embargo, es una evaluación muy laboriosa. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue estimar estos atributos físicos de un Latosol Rojo arcilloso en función de diferentes sistemas de manejo y cultivos de pre cosecha en la producción de soja, a partir de variables independientes como la textura y la densidad del suelo, a partir de ecuaciones propuestas en la literatura. El experimento se realizó bajo un diseño de bloques al azar en franjas con esquema factorial 2x6 y cuatro repeticiones, combinando dos sistemas de manejo (labranza cero y labranza convencional) y seis cultivos de cobertura (crotalaria, caupí, nabo forrajero, mijo y labranza) y un barbecho. Los datos se sometieron a un análisis de la varianza y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey a un nivel de significación del 5%. Se concluyó que en la capa de 0-0,10 m los sistemas de preparación no presentaron diferencias significativas para los atributos físicos evaluados. Ya en la capa 0,10-0,20 m el sistema de manejo bajo siembra directa presentó valores bajo altos de densidad del suelo y más macroporosidad en comparación con la siembra convencional. Entre los cultivos de cobertura, el rábano forrajero fue el que más se destacó en cuanto a porosidad total y microporosidad del suelo, en ambas capas evaluadas. Por lo tanto, la determinación de los atributos físicos del suelo es de gran importancia para el conocimiento del mismo y la aplicación de prácticas de gestión adecuadas.

Palabras clave: Atributos físicos del solo; Plantas de cobertura; Sistemas de manejo.

1. Introdução

A soja está inserida economicamente como uma das principais culturas produzidas em nível mundial, sendo amplamente cultivada devido as suas diversas formas de utilização em diferentes segmentos, representando um papel importante para a economia agropecuária brasileira. No mundo, esta oleaginosa ocupou, na safra de 2020/2021, uma área de 127,842 milhões de hectares, o que contabilizou uma produção de 362,947 milhões de toneladas. No Brasil, na mesma safra, a área plantada foi de 38,502 milhões de hectares, com produção de 135,409 milhões de toneladas (EMBRAPA SOJA, 2021).

A oleaginosa pode ser cultivada em sistema de plantio direto e convencional. O preparo convencional é caracterizado por utilizar processos como aração e gradagem, revolvendo o solo, com o principal objetivo de fornecer condições ideais para o desenvolvimento da cultura (Alvarenga et al., 2008). No entanto, seu uso constante, ocasiona diversos efeitos negativos ao solo e por isso, vem sendo substituído pelo plantio direto, uma técnica conservacionista onde se utiliza os resíduos vegetais como cobertura para o próximo cultivo, proporcionando assim, a preservação da qualidade física e biológica do solo.

As plantas de cobertura vêm sendo amplamente difundidas como alternativa para incrementar os sistemas de manejo do solo, protegendo-o contra processos degradantes. Segundo Lamas (2017), o uso de plantas de cobertura em pré-safra na produção das culturas, quando manejadas adequadamente, proporciona uma grande melhoria nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, além, de serem essenciais para a elevação da matéria orgânica, que é fator imprescindível na qualidade de solos tropicais e intensamente intemperizados.

Dentre os atributos físicos do solo, a densidade do solo é de extrema importância, pois, através dela é possível caracterizar fisicamente a estrutura do solo, além de constituir um forte indicador do grau de compactação. Porém, em estudos realizado por Stolf et al. (2011), foi verificado que avaliar apenas esse atributo não é suficiente para definir o estado de compactação do solo agrícola, uma vez que, os mesmos são compostos por espaços vazios (macroporos e microporos), devendo esses também serem analisados para verificar o grau de degradação do solo. Além disso, a avaliação dos parâmetros físicos, macroporosidade e microporosidade têm sido parâmetros auxiliares mais consistentes na definição do manejo ideal do solo, por relacionarem melhor com a aeração, permeabilidade e armazenamento de água no solo (Thurler, 1989).

A determinação dos parâmetros físicos macroporosidade e microporosidade, é uma avaliação bastante trabalhosa e pode levar muitos dias para ser realizada e muitas vezes exige análises complementares que nem sempre estarão disponíveis ao usuário. Portanto, um método alternativo simplificado, através do uso de equações matemáticas para estimativa da macroporosidade e da microporosidade pode ser muito útil nesse contexto (Stolf, 2018).

Nesse sentido, objetivar-se-á com o presente estudo estimar a microporosidade e a macroporosidade de um Latossolo Vermelho argiloso em função de diferentes sistemas de manejo e de culturas em pré-safra na produção de soja a partir de variáveis independentes como a textura e a densidade do solo utilizando equações propostas na literatura.

2. Metodologia

O estudo foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia Campus Araras em Monte Carmelo, MG. As coordenadas geográficas da região são 18°43'31''S de Latitude e 47°31'21''W de Longitude, com altitude média de 908 m. O local é caracterizado por apresentar clima tropical, quente e úmido, com e predominância de uma estação seca definida e inverno seco e frio, do tipo climático Aw, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Novais et al., 2008).

O solo da área experimental foi categorizado, de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2018), como um LATOSSOLO VERMELHO, de textura argilosa e relevo plano.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em faixas com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos pela combinação de pela combinação de dois sistemas de manejo (plantio direto e cultivo convencional) e um pousio e cinco plantas de cobertura: crotalária (*Crotalaria juncea*), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*), milheto (*Pennisetum americanum*), e lab-lab (*Dolichos lablab*), que foram cultivadas em pré-safra da cultura da soja e repetidas todos os anos nas mesmas parcelas, totalizando 12 parcelas por bloco experimental.

Cada unidade experimental correspondeu a 5 m de comprimento por 6 m de largura. As bordaduras das parcelas corresponderam ao um metro inicial e final do comprimento de cada linha de semeadura e aos 1,4 m das laterais, ficando a área útil de cada parcela com 8,4 m² (3,0 m x 2,8 m). A semeadura das plantas de cobertura foi realizada antes do cultivo da soja e de forma mecanizada, utilizando espaçamento de 0,5 m entre linhas, sendo roçadas quando atingiram florescimento pleno.

A cultivar semeada foi a NS 7667Ipro, Nidera, com ciclo de 130 dias, com alto potencial produtivo, sendo adotado o estande de 300 mil plantas ha⁻¹, conforme recomendação do fornecedor. A adubação foi realizada no sulco de semeadura, atendendo as exigências em função da análise química do solo e recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo para o Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999).

O controle de plantas daninhas, no plantio direto, foi realizado com o herbicida, em pós-emergência inicial das mesmas e no cultivo convencional através da incorporação ao solo.

Para a determinação da densidade do solo e porosidade total do solo foram coletadas amostras indeformadas nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m, sendo quantificadas através do método do anel volumétrico (EMBRAPA, 2017). Já para a

análise textural ou granulométrica, determinada através do método da pipeta (EMBRAPA, 2017), foram coletadas amostras deformadas de solo nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m (Tabela 1).

Tabela 1. Teores de areia, silte e argila (g kg^{-1}) do Latossolo Vermelho argiloso, nas camadas de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, sob sistemas de manejo e plantas de cobertura em pré-safra à cultura da soja.

Plantas de cobertura	Plantio Convencional				Plantio Direto			
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
0-0,10 m								
Crotalária	70	98	207	625	85	96	219	600
Guandu	67	106	268	560	88	98	219	595
Lab-lab	66	106	218	610	99	97	184	620
Milheto	79	87	259	575	85	107	188	620
Nabo	61	88	316	535	79	92	249	580
Pousio	53	110	238	600	72	104	235	590
0,10-0,20 m								
Crotalária	55	94	281	570	61	106	253	580
Guandu	68	103	234	595	70	107	178	645
Lab-lab	67	104	244	585	41	132	193	635
Milheto	69	109	267	555	80	94	225	600
Nabo	71	101	213	615	73	97	230	600
Pousio	62	94	289	555	60	103	227	610
0,20-0,30 m								
Crotalária	60	110	240	590	53	108	230	610
Guandu	63	110	262	565	54	110	236	600
Lab-lab	60	111	215	615	53	106	216	625
Milheto	68	102	220	610	51	108	251	590
Nabo	60	105	225	610	51	107	217	625
Pousio	66	110	224	600	62	93	256	590

Fonte: Autores.

A determinação da macroporosidade e da microporosidade, foram estimadas a partir de modelos matemáticos propostos por Stolf et al. (2011):

$$\text{Macro} = 0,693 - 0,465 Ds + 0,212 \text{ Areia} \quad (1)$$

$$\text{Micro} = 0,337 + 0,120 Ds - 0,294 \text{ Areia} \quad (2)$$

em que: Macro corresponde à macroporosidade do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); Micro é a microporosidade do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); Areia corresponde ao teor de areia do solo (g kg^{-1}) e Ds é a densidade do solo (Mg m^{-3}).

A textura do solo foi representada nesse modelo apenas pelo teor de areia total (areia fina + areia grossa), pois as inclusões do silte e da argila não resultaram em ganho de precisão, segundo esses pesquisadores.

Os ajustes para as equações 1 e 2 foram realizados pela ferramenta de análise de dados do programa Microsoft Office Excel® 2019.

Os resultados foram submetidos teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Observando os sistemas de manejo e as plantas de cobertura em relação à densidade do solo, a porosidade total, macroporosidade e microporosidade, na camada 0-0,10 m, verifica-se que não houve interação significativa (Tabela 2). Esses resultados corroboram com os de Borges et al. (2020), em que ao avaliar a densidade do solo, porosidade total e produtividade da soja em diferentes sistemas de manejo observaram-se que não houve interação entre sistemas de manejo e atributos físicos do solo na camada de 0-0,10 m. Esses pesquisadores destacam que são propriedades físicas dependentes, ou seja, quanto menor a densidade, maior a porosidade total do solo.

Tabela 2. Densidade (Mg m^{-3}), porosidade total, macroporosidade e microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) do Latossolo Vermelho cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m.

Sistemas de manejo	Densidade do solo	Porosidade total	Macroporosidade	Microporosidade
	Mg m^{-3}	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$		
	0-0,10 m ^{ns}			
PD	1,27	0,52	0,14	0,38
PC	1,22	0,53	0,16	0,37
	0,10-0,20 m			
PD	1,24A	0,53	0,15A	0,38
PC	1,30B	0,51	0,12B	0,39

PD: Plantio direto; PC: Plantio Convencional. Fonte: Autores.

Já na camada de 0,10-0,20 m, verificou-se que o plantio direto apresentou menor densidade do solo e maior macroporosidade que o plantio convencional (Tabela 2). No entanto, os sistemas de manejo não influenciaram a porosidade total e a microporosidade. Em estudo realizado por Cury et al., (2014) ao avaliar o efeito do sistema plantio direto e o do preparo convencional no sistema radicular da cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho, esses pesquisadores observaram que houve diferença entre os sistemas de manejo em relação à densidade do solo, na camada de 0,10-0,20 m. Nessa camada o preparo convencional apresentou maior valor para esse atributo.

Segundo Reichert et al., (2003) para solos argilosos a densidade do solo crítica é de $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$, sendo impeditiva para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das culturas, sendo indício de compactação no solo. Para Fontanela (2012), o maior valor de densidade do solo relacionado ao plantio convencional se deve a formação de uma camada compactada ou “pé-de-arado”, devido ao preparo do solo característico pelo intenso revolvimento através do uso de máquinas agrícolas. Roque et al. (2010), afirmam ainda que o tráfego de maquinários aumenta a densidade do solo, diminuindo a macroporosidade na linha do rodado em relação à linha de plantio, o que causa degradação cumulativa da qualidade física do solo ao longo dos anos de cultivo, corroborando assim com os resultados encontrados no presente estudo.

O volume de macroporos foi afetado pelos sistemas de manejo, principalmente nas camadas de 0,10-0,20 m (Tabela 2). Segundo Beutler e Centurion (2004), a quantidade de macroporos influencia no crescimento das raízes e na absorção de água e nutrientes, e sua redução induz ao crescimento lateral de raízes, que diminuem seu diâmetro a fim de penetrarem nos poros menores. Além disso, para Wendling et al. (2012) a macroporosidade consiste em um forte indicador para avaliar o grau de degradação do solo. Contudo, a macroporosidade é uma propriedade física bastante utilizada e de extrema importância, visto que através dela se torna possível avaliar o desempenho dos sistemas de manejo em relação a produtividade das culturas. De acordo com Reichert et al. (2007), valores de macroporosidades inferiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ são considerados limitantes para o bom desenvolvimento radicular da maioria das culturas agrícolas. Dessa forma, observou-se que os valores de macroporosidade encontrados neste trabalho foram superiores ao valor crítico.

Segundo Costa et al. (2015) a camada de restos culturais que se forma na superfície do solo ajuda a minimizar os processos que poderão culminar na compactação do solo. Diante disso, esses autores, ao avaliar os atributos físicos do solo, em

um Latossolo Vermelho, concluíram que ao longo do tempo, os sistemas conservacionistas promovem a redução da densidade do solo e aumento da porosidade total e da macroporosidade, nas camadas de 0,0-0,10 e 0-10,0-20 m do solo.

Ainda Aratani et al. (2009), ao avaliar a qualidade física de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo, observaram que o sistema de plantio direto apresentou maiores valores de porosidade total e microporosidade em todas as camadas avaliadas e maiores valores de macroporosidade nas camadas superficiais do solo.

Observando os resultados referentes às plantas de cobertura constatou-se que elas influenciaram os atributos físicos do solo avaliados (Tabela 3). Dessa forma, identificou-se nas camadas de 0,10-0,20 m, que o solo sob cultivo de nabo forrageiro em pré-safra à cultura da soja, apresentou maior porosidade total e microporosidade que os solos sob cultivo de feijão guandu, lab-lab, milho e sob pousio, que, no entanto, não diferiram em relação à esses atributos. Além disso, constatou-se que o solo cultivado com crotalária em pré-semeadura a cultura da soja, apresentou na camanda 0,10-0,20 m, maior quantidade de microporos.

Tabela 3. Densidade (Mg m^{-3}), porosidade total, macroporosidade e microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) do Latossolo Vermelho, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, sob sistemas de manejo e plantas de cobertura em pré-safra à cultura da soja.

Plantas de cobertura	Ds ^{ns}	PT	Macro ^{ns}	Micro
	Mg m^{-3}		$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	
0-0,10 m				
Crotalária	1,30	0,54AB	0,12	0,42AB
Feijão guandu	1,23	0,50B	0,16	0,35BC
Lab-lab	1,22	0,52B	0,16	0,35BC
Milho	1,17	0,52B	0,19	0,33C
Nabo	1,29	0,58A	0,13	0,45A
Pousio	1,26	0,50B	0,14	0,36BC
0,10-0,20 m				
Crotalária	1,29	0,55AB	0,12	0,43A
Feijão guandu	1,28	0,48C	0,14	0,35B
Lab-lab	1,27	0,50C	0,14	0,37AB
Milho	1,26	0,50C	0,14	0,35B
Nabo	1,25	0,58A	0,15	0,43A
Pousio	1,29	0,51BC	0,13	0,38AB

^{ns}=não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Fonte: Autores.

A utilização de plantas de cobertura como o nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e a crotalária (*Crotalaria* sp.) contribui de forma positiva para a atenuação de camadas compactadas no solo por proporcionarem a formação de bioporos, uma vez que, apresentam um sistema radicular vigoroso e profundo, o que irá refletir no incremento da porosidade do solo e, por essas razões, favorecer uma maior infiltração de água ao longo do perfil (Calegari & Costa, 2009) e fluxo em massa de nutrientes (Santos et al., 2014).

Segundo Stone e Silveira (2001), ao avaliarem efeitos do sistema de manejo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo, observaram maiores valores de microporosidade na camada superficial em áreas sob semeadura direta em comparação a outros sistemas de manejo. Para os autores, isso ocorreu devido ao arrançamento natural das partículas do solo em áreas não revolvidas, devido ao menor trânsito de máquinas e implementos agrícolas, além do aumento do teor de matéria orgânica em camadas superficiais.

Em estudo realizado por Farhate (2019), ao avaliar diferentes sistemas de manejo e plantas de cobertura na cultura da cana-de-açúcar, observou que nas camadas superficiais os valores da microporosidade do solo foram semelhantes para os diferentes tratamentos, entretanto, verificou que na camada de 0,10-0,20 m os diferentes sistemas de manejo e plantas de cobertura proporcionaram maior valor de microporosidade.

Em estudo semelhante, Pena (2020) não observou influência das plantas de cobertura no atributo físico, microporosidade. Entretanto, os valores de microporosidade encontrados no presente estudo corroboram com os de Kiehl (1979), visto que, em ambas as camadas analisadas os valores foram iguais ou superiores a $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, refletindo assim, em uma ótima condição de armazenamento e retenção de água no solo, sendo um dos fatores importantes para o bom desenvolvimento das culturas.

Dessa forma, observou-se que o plantio direto e as plantas de cobertura apresentaram resultados significativos em relação aos atributos físicos do solo, quando comparados ao solo sob plantio convencional e sob pousio, evidenciando a importância da adoção desse sistema de manejo e do cultivo de plantas de cobertura em pré-safra à cultura da soja.

4. Conclusão

Na camada 0-0,10 m, os sistemas de manejo não se diferiram em relação aos atributos físicos avaliados. Já na camada 0,10-0,20 m, o sistema de plantio convencional apresentou maior valor de densidade do solo e menor valor de macroporosidade em comparação ao plantio convencional.

O solo cultivado com crotalária e nabo-forrageiro em pré-semeadura a cultura da soja, apresentou, na camada 0,10-0,20 m, maior quantidade de microporos, sendo que o nabo-forrageiro foi a planta de cobertura que mais se destacou quanto a porosidade total e microporosidade do solo, em ambas as camadas avaliadas.

Referências

- Alvarenga, R. C., Cruz, J. C., & Viana, J. H. (2008). *Manejo de solos: preparo convencional do solo*. Embrapa. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35332/1/Preparo-convencional.pdf>.
- Aratani, R. G., Freddi, O. S., Centurion, J. F., & Andrioli, I. (2009). Qualidade física de um latossolo vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(3), 677-687.
- Beutler, A. N., & Centurion, J. F. (2004). Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 581-588.
- Borges, M. C. R. Z., Nogueira, K. B., Roque, C. G., & Barzoto, G. R. (2020). Atributos físicos de um Latossolo vermelho e produtividade da soja em diferentes sistemas de preparo após o consórcio sorgo-brachiária. *Acta Iguazu*, 9(1), 1-10.
- Calegari, A., & Costa, A. (2009). Manutenção da cobertura melhora atributos do solo. *Revista Visão Agrícola*, 9, 13-16.
- Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais. (1999). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais* (1a ed.). Viçosa: SBCS.
- Costa, N. R., Andeotti, M., Lopes, K. S. M., Yokobatake, K. L., Ferreira, J. P., Pariz, C. M., Bonini, C. S. B., & Longhini, V. Z. (2015). Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(3), 852-863.
- Cury, T. N., Maria, I. C., & Bolonhezi, D. (2014). Biomassa radicular da cultura de cana-de-açúcar em sistema convencional e plantio direto com e sem calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(6), 1929-1938.
- Embrapa Soja. (2021). *Soja em números (safra 2020/21)*. Embrapa. Recuperado de <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos* (5a ed.). Embrapa.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2017). *Manual de métodos de análise do solo* (3a ed.). Embrapa Solos.
- Farhate, C. V. V. (2019). *Expansão de canalial e sistemas de manejo conservacionistas para produção de cana-de-açúcar no sudeste brasileiro* (Tese de doutorado). Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.
- Fontanela, E. (2012). *Preparos e propriedades físicas de um solo arenoso para cana de açúcar e mandioca no Rio Grande do Sul*. (Tese de doutorado). Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.
- Kiehl, E. J. (1979). *Manual de edafologia – relações solo-planta*. Ed. Agronômica Ceres.
- Lamas, F. M. (2017). *Plantas de cobertura: O que é isto?* Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>.
- Novais, G. T., & Pereira, K. G. O. (2008). A subtropicalidade nas serras mineiras: uma proposta de classificação climática para o sudeste brasileiro. *Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*. Alto Caparaó, MG, Brasil,8.

- Pena, L. K. (2020). *Fitosociologia de plantas daninhas, plantas de cobertura e sistemas de preparo em Latossolo Vermelho cultivado com soja*. (Dissertação de mestrado). Curso de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, MG, Brasil.
- Reichert, J. M., Reinert, D. J., & Braida, J. A. (2003). *Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas*. *Ciência e Ambiente*, 27, 26-48.
- Reichert, J. M., Suzuki, L. E. A. S., & Reinert, D. J. (2007). Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, Efeitos, Limites Críticos e Mitigação. In: Cereatta, C.A., Silva, L. S., & Reichert, J. M (Ed.), *Tópicos em Ciência do Solo*, 49-134. SBCS.
- Roque, A. A. O., Souza, Z. M., Barbosa, R. S., & Souza, G. S. (2010). Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(7), 744-750.
- Santos, F. S., Zanão Junior, L. A., Secco, D., Dias, P. P., Tomassoni, F., & Pereira, N. (2014). A utilização de plantas de cobertura na recuperação de solos compactados. *Acta Iguazu*, 3(3), 82-91.
- Stolf, R. (2018). Compactação do solo: conceito correto ações corretas. *STAB*, 37(2), 22. <http://www.servidores.ufscar.br/hprubismar/index.php>.
- Stolf, R., Thurler, A. M., Bacchi, O. O. S., & Reichardt, K. (2011). Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 447-459.
- Stone, L. F., & Silveira, P. M. (2001) Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25(2), 395-401.
- Thurler, A. M. (1989). *Estimativa da macro e da microporosidade através da granulometria e densidade de partículas e do solo*. (Dissertação de mestrado). Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.
- Wendling, B., Freitas, I. C. V., Oliveira, R. C., Batata, M. M., & Borges, E. N. (2012). Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Bioscience Journal*, 28(1), 256-265.