

Propiedades físicas de suelos en pasturas de *Urochloa brizantha* cv. Marandú en el distrito de Jasy Cañy, Paraguay

Soil physical attributes under pasture *Urochloa brizantha* cv. Marandu in the district of Jasy Cañy, Paraguay

Patricia Juana Colmán Ribelatto^{1*}, Aline Marques Genú², Sebastião Brasil Campos Lustosa², Cristiano André Pott²

1.Universidad Estadual del Centro Oeste del Paraná - Programa de Pós-Grado en Agronomía - Guarapuava, Paraná - Brasil. 2.Universidad Estadual del Centro Oeste del Paraná - Departamento de Agronomía - Guarapuava, Paraná - Brasil. *Email para correspondencia: Pj_tr4@hotmail.com; agenu@unicentro.br; sebastiao_lustosa@yahoo.com.br; cpott@unicentro.br

Recibido: 20.11.2017 Aceptado:07.09.2018

Resumen

La producción de leche tiene un alto impacto en la economía paraguaya, no obstante en muchos casos está siendo desarrollada sobre pasturas degradadas debido a la falta de manejo adecuado, lo que afecta las condiciones físicas de los suelos y consecuentemente la sostenibilidad de la producción animal. El objetivo de este trabajo fue evaluar los atributos físicos de suelos utilizados con pasturas de *Urochloa brizantha* cv. Marandú. El estudio fue realizado en cuatro fincas localizadas en el distrito de Jasy Cañy-Canindeyú, Paraguay, con tiempos de uso variables: 20, 10, 15 y 25 años. Para las evaluaciones de los atributos físicos, las muestras de suelo fueron recolectadas entre 0 y 5, 5 y 10 y 10 y 15 cm de profundidad, con cinco repeticiones. Como parámetros fueron determinados la densidad aparente, la porosidad total, la macro- y la microporosidad, la porosidad en el dominio de los macroporos, la capacidad de almacenamiento de agua y de aire y la resistencia a la penetración. Los resultados mostraron que los suelos de las áreas estudiadas no presentaron restricciones físicas para el crecimiento de las plantas, con excepción de los suelos en la finca 4 donde se identificaron bajos valores de macroporosidad.

Palabras clave: Atributos; Análisis físico; Calidad física del suelo; Índices; Indicadores de calidad; Cultivar Marandu.

Abstract

Milk production is one of the most important activities in the Paraguayan economy, however in most cases this activity is being developed under degraded pastures due to lack of management which over time can affect soil physical characteristics and, therefore, the sustainability of animal production. The objective of this work was to evaluate the physical attributes of soils under *Urochloa brizantha* (marandu grass) grazing during 20, 10, 15 and 25 years, respectively. The study was conducted in four farms located in the district of Jasy Cañy-Canindeyú, Paraguay. For the physical attributes, soil samples were collected at 0-5 cm, 5-10 cm and 10-15 cm layers, with five replications. Soil density, total porosity, macro and microporosity, porosity in the macropore domain, water storage capacity, air storage capacity and soil resistance to penetration were determined. Based on the results the soils of the studied areas did not present physical restrictions for plant growth, except for the area 4 which presented low levels of macroporosity.

Keywords: Attributes; Indexes; Physical analysis; Quality indicators; Soil physical properties.

Introducción

El uso intensivo de pasturas ocasiona la degradación de las especies forrajeras y reduce la calidad física y química del suelo, aumentando la densidad y la resistencia mecánica a la penetración y reduciendo la macroporosidad (Lanzanova et al. 2007). Además, se reducen los niveles de cationes intercambiables, la materia orgánica, el P lábil y el pH del suelo (Costa et al., 2015).

En Paraguay, los estudios sobre el impacto del uso de pasturas en las propiedades fisicoquímicas de los suelos y en el sistema suelo-planta-animal son escasos. Los atributos físicos son indicadores de los cambios que ocurren a través del tiempo, siendo la degradación de pasturas en términos de calidad y de suelo así como cambios en la estructura y la fertilidad las consecuencias más notorias.

Entre los indicadores físicos más utilizados para medir la degradación de suelos en pasturas se encuentran la densidad aparente, la macro- y la microporosidad, la porosidad total, la resistencia a la penetración y, los propuestos por Reynolds et al. (2002): porosidad en el dominio de los macroporos (PDMacro %), capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (CC/PT) y capacidad de almacenamiento de aire en el suelo (CA_t/PT). Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los cambios en algunas propiedades físicas de suelos en pastura de *Urochloa brizantha* cv. Marandú utilizadas durante varios años en el distrito de Jasy Cañy-Paraguay.

Materiales y métodos

Las evaluaciones fueron realizadas en cuatro propiedades o fincas de productores de leche localizadas en la colonia Nueva Alianza, distrito de Jasy Cañy, departamento de Canindeyú, Paraguay. Según la clasificación de Köppen-Geiger (Kottek et al., 2006) el clima en la zona es Cfa, templado húmedo con verano caliente, temperaturas superiores a 22 °C en el verano con más de 30 mm de lluvia en el mes más seco. Los suelos se clasifican como Neossolo Quartzarénico distrófico (Embrapa, 2013).

Para las evaluaciones, en cada una de las fincas se seleccionó un área de 1500 m² para el muestreo de suelos y dentro de cada una de ellas en cinco sitios se tomaron muestras en las profundidades de 0 - 5, 5 - 10 y 10 - 15 cm. En cada profundidad se recolectaron muestras no alteradas utilizando un anillo de acero con volumen interno de 100 cm³. Una vez recolectadas, fueron protegidas en papel aluminio, numeradas y colocadas en bandejas para ser llevadas al Laboratorio de Suelos y Nutrición de Plantas de la Universidad

Estadual de Centro Oeste. Los análisis realizados fueron: densidad aparente, macroporosidad, microporosidad, porosidad total, porosidad en el dominio de los macroporos, capacidad de almacenamiento de agua y de aire de los suelos.

La densidad aparente fue determinada por el método del anillo volumétrico (Embrapa, 1997). La macroporosidad y la microporosidad fueron determinadas por el método de la mesa de tensión (Embrapa, 1997). La porosidad en el dominio de los macroporos, la capacidad de almacenamiento de agua y la capacidad de almacenamiento de aire fueron determinadas por el método propuesto por Reynolds et al. (2002).

La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (CC/PT) se calculó por medio de las relaciones entre el contenido de agua retenido a capacidad de campo del suelo a 10 kPa (CC) con la porosidad total del suelo (PT). El indicador capacidad de almacenamiento de aire en el suelo (CA_t/PT) fue determinado por el cociente entre el volumen de poros drenados entre el suelo saturado y el potencial matricial de 10 kPa (CA_t), en relación a la porosidad total del suelo.

Los niveles de resistencia del suelo a la penetración (RP) se midieron el mismo día de la toma de muestras con los anillos. Los análisis se hicieron en cinco puntos alrededor de cada sitio en el cual fueron recolectadas las muestras con los anillos, para un total de 25 sitios en cada finca del estudio. Para esta evaluación se utilizó un penetrómetro electrónico, marca Falker modelo PLG1020.

El análisis de los datos de las propiedades físicas de los suelos se hizo utilizando el programa estadístico Sigma Plot para Windows en el cual las medias fueron comparadas a través del análisis de intervalo de confianza de las medias ($P < 0.05$). Este análisis presenta la variabilidad de los datos asociada con la media, de tal manera que cuando los límites inferior y superior de los intervalos de confianza para este parámetro no se superponen, se considera significativamente diferente (Payton et al., 2000).

Resultados y discusión

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las propiedades físicas de los suelos a diferentes profundidades. Entre 5 y 10 cm de profundidad en los suelos de la finca 3 se observó el valor más bajo de densidad aparente (1.57 g/dm³) y en la finca 2 el valor más alto (1.65 g/dm³) (Figura 1A). Según Bonini et al. (2012) en un mismo tipo de suelo la densidad puede variar dependiendo de la estructura y el tipo de manejo que puede

favorecer la compactación por pisoteo o por tránsito de maquinaria.

Entre 10 y 15 cm de profundidad, la densidad aparente del suelo fue mayor en la finca 4 después de 25 años de uso de la pastura. Azevedo y Dalmolin (2004) encontraron una tendencia en el aumento de la densidad aparente del suelo en las capas más profundas del perfil debido a la presión de los horizontes superiores; no obstante Santos et al. (2011) afirman que no existen suficientes trabajos de largo plazo que permitan identificar alteraciones en la calidad física en horizontes profundos del suelo debido a los efectos acumulados del sistema de manejo. Los valores encontrados en todas las profundidades estudiadas se encuentran dentro del rango considerado adecuado para el crecimiento de cultivos en suelos arenosos. Arshad et al. (1996) consideran que densidades superiores a 1.70 g/cm³ perjudican el desarrollo radicular, por tanto, se considera que las densidades de suelo encontradas en este estudio no limitan el crecimiento de *U. brizantha* en las fincas del estudio.

La porosidad total de los suelos presentó diferencias significativas entre fincas áreas en todas las profundidades ($P < 0.05$). En la Figura 1B se observa que en la profundidad de 0 - 5 cm existen diferencias significativas entre los suelos de la finca 4 y la finca 2. En las profundidades 5 - 10 cm y 10 - 15 cm los suelos en la finca 4 presentaron los menores valores de porosidad ($P < 0.05$) en comparación con los suelos de las fincas 2 y 3 (Figura 1B).

No obstante estas diferencias, los valores de porosidad en estos suelos (35% - 41%) se encuentran dentro del rango (35% - 50%) adecuados para el crecimiento de los cultivos (Azevedo y Damolin, 2004). Esta propiedad puede variar según la textura, profundidad, contenido de materia orgánica, preparación del suelo y sistema de cultivo (Fageria y Stone, 2006).

La macroporosidad fue diferente en los suelos de las fincas estudiadas y más alta a mayor

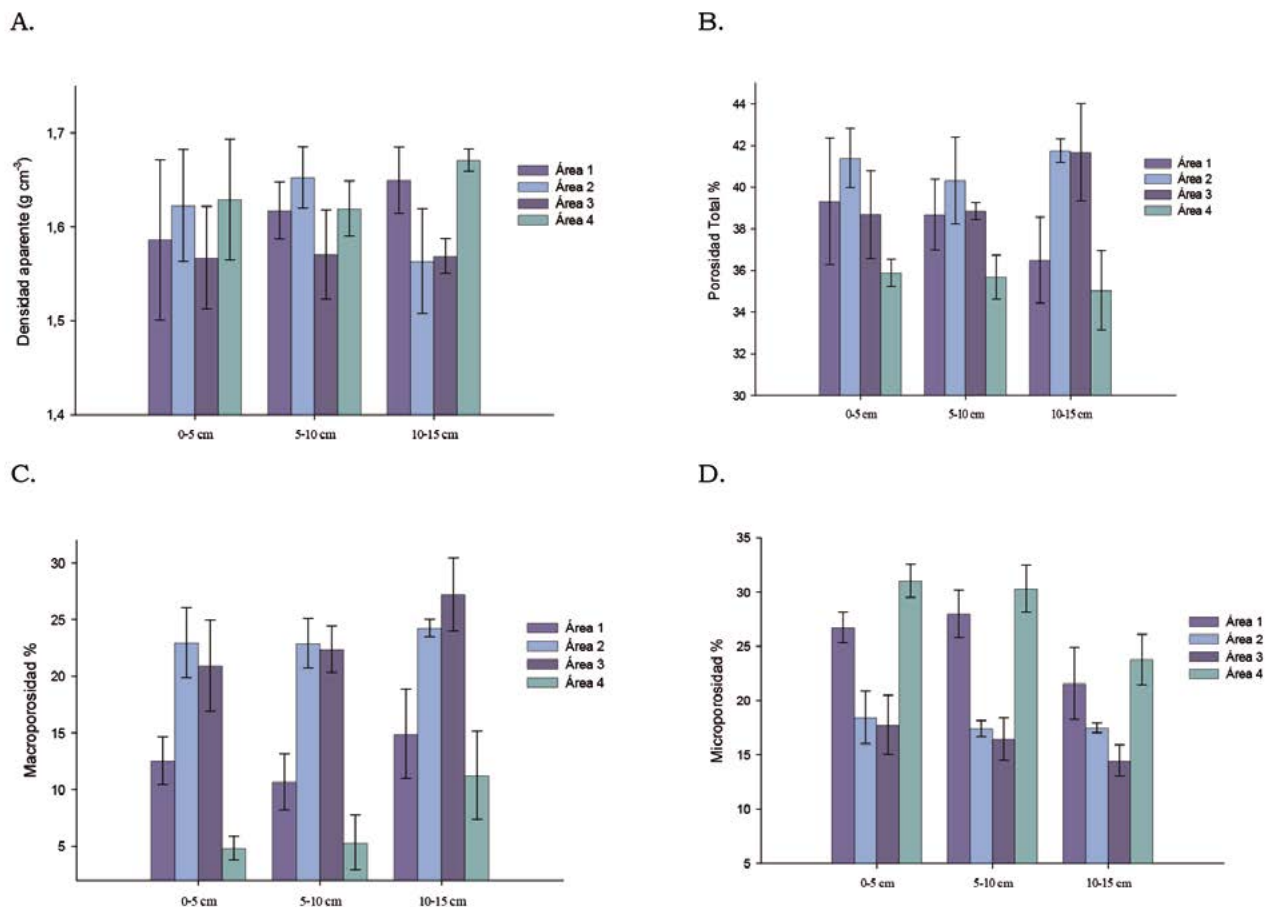


Figura 1. Características físicas de un Neossolo Quartzarénico distrófico a diferentes profundidades manejado con pasturas de *Urochloa brizantha*. Jasy Cañy-Canindeyú, Paraguay. **A.** Densidad aparente, **B.** Porosidad total, **C.** Macroporosidad, **D.** Microporosidad. Tiempos (años) en uso por área (finca): 1 = 20, 2 = 10, 3 = 15, 4 = 25 años. Las barras representan el intervalo de confianza ($P < 0.05$).

profundidad en el suelo (Figura 1C). Los menores valores de esta característica en la superficie del suelo son debidos al proceso de densificación como resultado del pisoteo por los animales. Moreira et al. (2005) estudiaron áreas rehabilitadas y degradadas de *U. brizantha* y encontraron que ambas presentaron menores valores de macroporos en el suelo hasta la profundidad de 7.5 cm y un aumento de estos a lo largo del perfil hasta 30 cm de profundidad. Esto indica que independiente del pisoteo en la superficie, el aporte de materia orgánica y la colonización por raíces, así como el pisoteo por los animales ocasionaron en este caso compactación del suelo.

Los valores de macroporosidad más bajos hasta 10 cm de profundidad se encontraron en la finca 4 y en ambos casos son inferiores al límite de 10% sugerido por Grable y Siemer (1968) como necesario para el desarrollo de las plantas. Esto ocurre como consecuencia del pastoreo de los animales por tiempo prolongado en esta área, lo cual está asociado con la baja porosidad total y la baja macroporosidad que podrían estar reduciendo la capacidad del sistema radicular de *U. brizantha*. De acuerdo con Beutler et al. (2003) los suelos con macroporosidad reducida inducen al crecimiento lateral de las raíces, las cuales disminuyen su diámetro para poder penetrar en los poros menores. Lanzanova et al. (2007) mencionan que el uso de pastoreo intensivo puede implicar la reducción de la calidad física y química del suelo, principalmente por el aumento de la resistencia mecánica a la penetración y la mayor densidad aparente del suelo que reducen la macroporosidad.

Estos resultados coinciden con los valores de microporosidad (Figura 1D), los cuales en las capas superiores (0 - 5 y 5 - 10 cm) presentaron mayores valores en comparación con los valores en las capas inferiores (10 - 15 cm). Esta característica presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre fincas y en todas las profundidades (Figura 1D) con variaciones entre 14% y 31%. Estos valores se consideran apropiados para una mayor retención de agua, especialmente en estos suelos de textura arenosa con elevada porosidad y rápida infiltración de agua.

La porosidad en el dominio de los macroporos (PDM) presentó diferencias ($P < 0.05$) entre suelos de las fincas evaluadas (Figura 2A), con valores aproximados de 3%. Los resultados coinciden con los resultados de la macroporosidad, ya que los suelos con mayores valores de esta característica también presentaron mayores valores de aquella.

La PDM expresa la porosidad de los poros mayores que retienen agua hasta la tensión de -1 KPa y representan una parte del volumen poroso

correspondiente a la macroporosidad. Reynolds et al. (2002) encontraron que la PDM fue mayor en suelos de bosque que en cultivos debido al mayor volumen de poros como resultado de la abundancia de raíces y la mayor presencia de microorganismos en el primero, condición que también se encuentra en el sistema de pasturas. Fidalski et al. (2008) en suelos con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y maní forrajero (*Arachis pintoi*) encontraron para la PDM valores de 3% hasta 15 cm de profundidad en el suelo. De acuerdo con Reynolds et al. (2008) no existe un consenso establecido para la utilización de valores óptimos de porosidad en el dominio de los macroporos; sin embargo, esta propiedad proporciona una visión importante de la capacidad de infiltración y aireación del suelo cuando alcanza el estado de saturación con agua.

La capacidad de almacenamiento de agua fue igualmente diferente entre profundidades en los suelos de las fincas. Los suelos que presentaron mayores valores de microporosidad también presentaron mayor capacidad de almacenamiento de agua. Los valores variaron desde 0.28 hasta 0.73 en la finca 4, donde se presentaron valores de CC/PT por encima de 0.66 en ambas capas superficiales (0-5 y 5-10 cm), y se encuentran por encima de la relación adecuada agua:aire (66:33) para la difusión de oxígeno necesario para la respiración de las raíces. En la Figura 2B se observa que los suelos en la finca 1 presentaron un valor más aproximado a la relación óptima de 0.66, tanto en la profundidad 0 - 5 cm como en 5 - 10 cm. En las fincas 2 y 3 se observaron los valores más bajos de CC/PT, por lo tanto, presentaron la mayor aireación en la capacidad de campo, demostrando que existe predominio de la ocupación del espacio poroso con aire en los suelos de estas fincas.

La capacidad de almacenamiento de aire en el suelo fue diferente ($P < 0.05$) en las profundidades estudiadas entre las fincas en estudio (Figura 2C), siendo más baja en las fincas 1 y 4. En la primera, hasta 10 cm de profundidad los valores fueron de 0.60 y 0.40, respectivamente para las profundidades 0 - 5 y 5 - 10 cm, que son similares a las consideradas óptimas (0.66 y 0.34) por Reynolds et al. (2002).

La resistencia de los suelos a la penetración fue menor que 2000 kPa (Figura 2D), excepto en la finca 4. En estos suelos se observaron los valores más altos de densidad aparente, los más bajos de porosidad total y niveles de macroporosidad por debajo del ideal. Según Taylor et al. (1966) y Canarache (1990 citado por Camargo y Alleoni, 1997) el valor 2000 kPa se considera limitante para el crecimiento de las plantas.

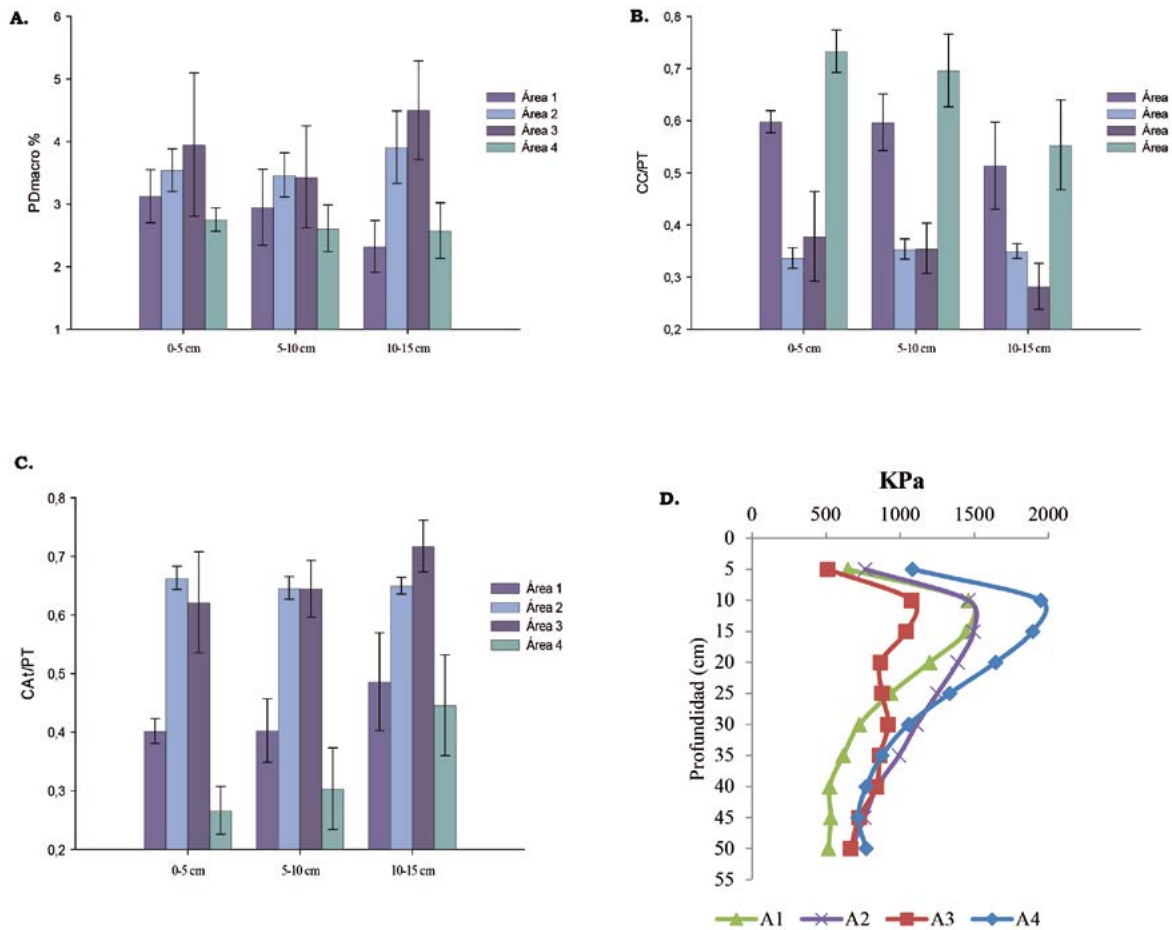


Figura 2. Características físicas de un Neossolo Quartzarênico distrófico a diferentes profundidades manejado con pasturas de *Urochloa brizantha*. Jasy Cañy-Canindeyú, Paraguay. A. Porosidad en el dominio de los macroporos., B. Capacidad de almacenamiento de agua, C. Capacidad de almacenamiento de aire, D. Resistencia a la penetración de suelos. Tiempos (años) en uso por área (finca): 1 = 20, 2 = 10, 3 = 15, 4 = 25 años. Las barras representan el intervalo de confianza ($P < 0.05$).

La resistencia a la penetración (RP) es el indicador que mejor expresa la capacidad de crecimiento de las raíces, ya que considera los efectos tanto de la densidad aparente como de la humedad en el suelo. Altos valores de densidad aparente pueden no ser limitantes al crecimiento de las raíces cuando el suelo se encuentra húmedo, sin embargo, cuando éste se encuentra seco, podrá presentar restricciones al crecimiento radicular por presentar valores elevados de RP (Tardieu, 1994). Cuando se analizan los valores de RP en las distintas profundidades, se observa que los valores más elevados se encuentran en la profundidad de 10 - 15 cm. De acuerdo con el histórico de uso de los suelos, el pastoreo

continuo prolongado fue uno de los principales factores que redujo drásticamente la cobertura y aumentó la presión del suelo, inclusive en las capas inferiores.

Conclusión

Después de 15 años, en estos suelos arenosos los cambios en las características físicas hasta 15 cm de profundidad en las fincas 1, 2 y 3 no afectan el uso con pasturas de *Urochloa brizantha*. No obstante en la finca 4 después de 25 años se observaron cambios físicos que pueden limitar la productividad tanto de cultivos como de pasturas.

Referencias

- Arshad, M. A.; Lowery, B.; Grossman, B. (1996). *Physical tests for monitoring soil quality*. En: Doran, J. W.; Jones, A. J. *Meth. Assessing Soil Quality*. Madison: SSSA Special Publication. p. 123-141.
- Azevedo, A. C.; Dalmolin, R. S. D. (2004). Solos e Ambiente: Uma Introdução. Santa Maria: Palloti.
- Beutler, A. N.; Centurion, J. F. (2003). Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. *Pesq. Agrop. Bras.* 38(7):849-856. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000700009>
- Bonini, C. S. B.; Alves, M. C. (2012). Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos. *Ver. Bras. Eng. Agríc. Amb.* 16(4):329-336. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000400001>
- Camargo, O. A.; Alleoni, L. R. F. (1997). *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba. ESALQ.
- Canarache, A. (1990). PENETR – a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. *Soil Till. Res.* 16(1-2):51-70. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(90\)90021-5](https://doi.org/10.1016/0167-1987(90)90021-5)
- Costa, N. R.; Andreotti, M.; Lopes, K. S. M.; Yokobatake, K. L.; Ferreira, J. P.; Pariz, C. M.; Bonini, C. dos S. B.; Longhini, V. Z. (2015). Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. *Ver. Bras. Ci. Solo* 39(3):852-863. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcs20140269>
- Embrapa. (1997). *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Rio de Janeiro. Embrapa.
- Embrapa. (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3 ed. Brasília. Embrapa.
- Fageria, N. K.; Stone, L. F. (2006). Qualidade do solo e meio ambiente. Santo Antônio de Goiás; Embrapa Arroz e Feijão.
- Fidalski, J.; Tormena, C. A.; Cecato, U.; Barbero, L. M.; Lugão, S. M. B.; Costa, M. A. T. (2008). Qualidade física do solo em pastagem adubação sob pastejo contínuo. *Pesq. Agrop. Bras.* 43(11):1583-1590. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100018>
- Grable, A. R.; Siemer, E. G. (1968). Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials and elongation of corn roots. *Soil Sci. Soc. Am.* J. 32(2):180-186. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/32/2/SS0320020180?access=0&view=pdf>
- Kotteck, M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F. (2006). World Map of Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift.* 15(3):259-263. https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/15/55034/World_Map_of_the_Koppen_Geiger_climate_classificat
- Lanzanova, M. E.; Nicoloso, R. da S.; Lovato, T.; Eltz, F. L. F.; Amado, T. J. C.; Reinert, D. J. (2007). Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura pecuária sob plantio direto. *Ver. Bras. Ci. Solo.* 31(5):1131-1140. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000500028>
- Moreira, J. A. A.; Oliveira, I. P.; Guimarães, C. B.; Stone, L. F. (2005). Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. *Pesq. Agrop. Trop.* 35(3):155-161. <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2217/2173>
- Payton, M. E.; Miller, A. E.; Raun, W. R. (2000). Testing statistical hypotheses using standard error bars and confidence intervals. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 31(5-6):547-551. <https://doi.org/10.1080/00103620009370458>
- Reynolds, W. D.; Bowman, B. T.; Drury, C. F.; Tan, C. S.; Lu, X. (2002). Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. *Geoderma* 110(1-2):131-146. http://www.agrienvarchive.ca/pubs/indicator_soil_phys_qual2002.pdf
- Santos, G. G.; Marchão, R. L.; Silva, E. M.; Silveira, P. M.; Becquer, T. (2011). Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesq. Agrop. Bras.* 46(10):1339-1348. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000030>
- Tardieu, F. (1994). Growth and functioning of roots and too root systems subjected to soil compaction: towards a system with multiple signaling. *Soil Tillage Res.* 30(1-4):217-243. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(94\)90006-X](https://doi.org/10.1016/0167-1987(94)90006-X)
- Taylor, H. M.; Roberson, G. M.; Parker, J. J. (1996). Soil strength-root penetration relations to coarse textured materials. *Soil Sci.* 102(1):18-22. https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1966/07000/SOIL_STRENGTH_ROOT_PENETRATION_RELATIONS_FOR.2.aspx