

Caracterização de propriedades físico-hídricas do solo em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto

Matheus de Sousa¹ e Helton Aparecido Rosa²

Resumo: É de grande importância ter conhecimento sobre as propriedades físico-hídricas do solo para que se tenha uma melhor conservação e aproveitamento do solo para melhores produtividades. O objetivo deste trabalho foi à caracterização de propriedades físico-hídricas do solo em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto através de amostras indeformadas. O estudo foi conduzido no município de Jesuítas - PR, com um Latossolo Vermelho Distroférrico típico, textura argiloso no ano de 2017. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, compostas por quatro tratamentos em cinco repetições cada tratamento, na camada de 0-10 cm de profundidade, sendo os tratamentos de 2, 4, 6 e 8 anos do sistema de plantio direto. Após a coleta das amostras, foram levadas ao laboratório de física do solo da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), para avaliação das propriedades físicas do solo. A porosidade total e o volume de macroporos e microporos foram determinados conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (2011). Para a determinação da capacidade de campo as amostras foram colocadas sobre pressão da câmara de Richards às tensões de 0,033 MPa. As amostras foram coletadas através de anéis cilíndricos, com aberturas de pequenas trincheiras. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguidos de análise de comparação de médias por Tukey, a 5% de significância, ambos calculados no programa ASSISTAT 7.7[®]. Os valores de Pt, microporos e Cc não apresentaram alteração significativa entre os diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto. Já os valores de macroporos diminuíram conforme aumentou-se o tempo de adoção do SPD.

Palavras-chave: Densidade, porosidade, conservação.

Characterization of soil physical-water properties in different times of no-till system adoption

Abstract: It is of great importance to have knowledge about the physical-hydric properties of the soil in order to have a better conservation and use of the soil for better productivity. The objective of this work was to characterize soil physical-hydric properties in different times of no-tillage system adoption through undisturbed samples. The study was conducted in the municipality of Jesuítas - PR, with a typical Dystroferic Red Latosol, clay texture, in the year 2017. The experimental design was in a randomized block, composed of four treatments in five replications each treatment, in the 0-10 cm depth layer, being the treatments of 2, 4, 6 and 8 years of the no-tillage system. After collecting the samples, they were taken to the soil physics laboratory of the State University of the West of Paraná (UNIOESTE), to evaluate the physical properties of the soil. The total porosity and the volume of macropores and micropores were determined according to the methodology recommended by EMBRAPA (2011). For the determination of the field capacity the samples were placed under pressure of the chamber of Richards to the tensions of 0.033 MPa. The samples were collected through cylindrical rings, with openings of small trenches. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey averages comparison analysis, at 5% significance,

¹ Acadêmico do curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz-Pr. sousa_agronomo@hotmail.com

² Engenheiro Agrícola, Mestre em Energia na Agricultura (UNIOESTE). helton.rosa@hotmail.com

both calculated in the ASSISTAT 7.7® program. The values of Pt, micropores and Cc did not present significant alteration between the different times of adoption of the no-tillage system. However, the values of macropores decreased as the time of adoption of SPD was increased.

Key words: Density, porosity, conservation.

Introdução

O sistema plantio direto é caracterizado pelo não revolvimento do solo e dos restos culturais que são deixados para incorporação deste material (BORKOWSKI, 2009). Esse sistema é um manejo eficiente para minimizar a erosão, reduzindo assim suas perdas de solo (CAMARA e KLEIN, 2004), além da conservação da matéria orgânica para manter a temperatura e a umidade do solo, por isso hoje se torna o sistema de manejo mais utilizado.

Esse sistema tem sido reconhecido como o sistema de manejo do solo mais importante para a sustentabilidade dos agroecossistemas brasileiros. A expansão da área agrícola sob SPD, hoje é estimada em aproximadamente 32 milhões de hectares, e isso se dá pelo desenvolvimento de soluções tecnológicas para superar os problemas relacionados ao manejo desse sistema, para aperfeiçoá-lo às diferentes regiões do país (MORAES, 2013). No entanto, Stone *et al.* (2002) relataram em várias situações a ocorrência do aumento da densidade do solo e diminuição da macroporosidade conforme se passam o tempo de adoção do sistema plantio direto, o que tem sido diagnosticado como compactação, fazendo com que o agricultor faça o revolvimento do solo. Há também uma diminuição da taxa de perda de MO conforme vai passando o tempo de adoção do SPD, fazendo com que se recuperem os estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total no solo (SILVA *et al.*, 2008).

Porém com o decorrer dos anos sem o revolvimento do solo esse sistema de plantio direto pode ocasionar a compactação devido ao grande tráfego de maquinários e a sucessão de culturas, afetando o desenvolvimento da planta. Com isso a compactação trás alguns problemas como o aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, redução da aeração e disponibilidade de água e nutriente, levando à perda de produção (GOEDERT, SCHERMACK e FREITAS, 2002).

Os diferentes manejos agrícolas são responsáveis por grandes alterações na estrutura do solo, o que leva a modificações das propriedades físico-hídricas do solo. Com isso a quantidade de água retida no solo em diferentes tensões varia em função da estrutura do solo (KLEIN e CAMARA, 2007). Esses sistemas de preparo do solo devem conter boas condições físicas do solo, para que as plantas possam ter um desenvolvimento correto (CORTEZ *et al.*, 2011). Mas com isso, alguns manejos promovem alterações na estrutura da camada arável,

como a resistência e redução á penetração e na densidade do solo e na macroporosidade, além da diminuição na taxa de infiltração e alteração no desenvolvimento das raízes (SPERA *et al.*, 2009).

De acordo com Reinert e Reichert (2006), a física de solos estuda e define, qualitativa e quantitativamente, as propriedades físicas, com o objetivo principal de entender os mecanismos que conduzem a funcionalidade dos solos e o seu papel para o desenvolvimento das plantas. A importância pratica de se entender o comportamento físico do solo está associada ao seu uso e manejo correto, como, uso apropriado da irrigação, drenagem, preparo e conservação de solo e água.

A realização de um estudo das propriedades físico-hídricas de um solo é de grande importância, por afetar preponderantemente o seu uso. Portanto o manejo adequado dos sistemas de irrigação e drenagem leva-se em consideração as alterações das características físico-hídricas do solo, como forma de atender as necessidades hídricas das plantas. Então, devido à importância da água não só para o desenvolvimento das plantas, mas também para as implicações em varias propriedades do solo, a determinação de água no solo é de suma importância e interesse tanto para o aspecto científico como econômico (SOARES *et al.*, 2014).

Reinert *et al.* (2008), afirmam que a classificação da porosidade refere-se a sua distribuição de tamanho, onde a mais usual classificação se divide em duas classes: micro e macroporosidade. Sendo a microporosidade uma classe com tamanho de poros que, após ser saturada em água, o mesmo a retém contra a gravidade. Já os macroporos, são ao contrário, após serem saturados em água não o retém, ou são desocupados pela ação da gravidade. Portanto fica clara a funcionalidade desses poros, onde os microporos são os responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo e os macroporos responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água no solo.

O manejo adequado de sistemas de irrigação depende das características físicas e químicas do solo, sendo assim, a interação da água com essas características manifesta propriedades como o limite superior de umidade que verificado solo apresenta, também denominado capacidade de campo, sendo muito importante para a armazenagem e disponibilidade de água para as plantas (ANDRADE e STONE, 2011). De acordo com Brito *et al.* (2011), a capacidade de campo é um parâmetro fundamental para o manejo da irrigação, levando em consideração que a determinação necessária do conteúdo de água no solo na capacidade de campo, otimiza-se maiores produtividades nas culturas agrícolas.

Os valores de capacidade de campo (cc) podem ser encontrados com a utilização da câmara de Richards, ou também pelo psicrômetro WP4-T (AMARAL *et al.*, 2017).

Objetivo do trabalho foi à caracterização de propriedades físico-hídricas do solo de um Latossolo vermelho no município de Jesuítas/PR, em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no segundo semestre do ano de 2017 em uma propriedade no interior do município de Jesuítas - PR, onde o histórico da área se baseia na sucessão de culturas (soja na safra de verão e milho ou trigo na safra de inverno), clima Subtropical úmido mesotérmico de temperatura média de 20.1 °C, pluviosidade média anual de 1602 mm, com densidade demográfica 36.37 hab/km². O tipo de solo predominante na região é Latossolo Vermelho Distroférrico, típico, textura argiloso (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - EMBRAPA, 2013). A área da propriedade apresenta coordenadas geográficas de Latitude 24° 30' 49.74" S e Longitude 53° 23' 23.74" O, com uma altitude de 528 m em relação ao nível do mar.

O delineamento utilizado foi o DBC (experimento em bloco casualizado), sendo escolhido através de referências onde foram utilizadas a mesma metodologia de pesquisa e consequentemente o mesmo delineamento, os trabalhos como base foram de (RÓS, FILHO e BARBOSA, 2014; SECCO *et al.*, 2005). Onde foram divididos os tratamentos em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto. Sendo os tratamentos divididos em: Área 1 – 2 anos do sistema de plantio direto; Área 2 – 4 anos do sistema de plantio direto; Área 3 – 6 anos do sistema de plantio direto; Área 4 – 8 anos do sistema de plantio direto.

Para avaliação do experimento de propriedades físicas do solo foram coletadas amostras indeformadas composta por quatro tratamentos em cinco repetições cada tratamento, totalizando cinco amostras em cada tratamento, e no experimento total foram 20 amostras, na camada de 0-10 cm de profundidade. As amostras foram coletadas através de anéis cilíndricos de volume, com aberturas de pequenas trincheiras.

Após a coleta das amostras, foram levadas ao laboratório de física do solo da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), para avaliação das propriedades físicas do solo. Para a determinação da capacidade de campo as amostras foram colocadas sobre pressão da câmara de Richards às tensões de 0,033 MPa.

A porosidade total e o volume de macroporos e microporos foram determinados conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (2011).

Macroporosidade

Para a realização das análises de macroporosidade os anéis contendo as amostras de solo foram limpos e colocados para saturar por 24 horas. Posteriormente as amostras de solo foram pesadas e colocadas na coluna de areia. A coluna de areia foi preparada para receber as amostras de forma que a mesma permaneceu saturadas a 60 cm de coluna de água.

Após estes preparo as amostras de solo foram levadas para a coluna de areia e submetidas a uma tensão de 60 cm de coluna de água para que a água presente nos macroporos fossem retiradas, permanecendo por um período de 48 horas. Após esse processo as amostras foram pesadas.

Microporosidade

É o procedimento em que ocorre a retirada da água presente nos microporos. As amostras são levadas para coluna de areia, pois a sucção da coluna retira a água mais fácil de ser perdida, que esta contida nos macroporos, ficando retida a dos microporos. Após isso as amostras úmidas foram colocadas em estufas a 105°C por 48 horas, para posteriormente quantificação da microporosidade (REINERT e REICHERT, 2006).

Porosidade Total

Determina o volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar. Para o cálculo da P_t , foi realizada análise de densidade de partículas segundo metodologia do balão volumétrico com álcool (EMBRAPA, 1997).

Após a obtenção dos dados, a análise estatística dos resultados foi realizada por meio da análise de variância – ANOVA, e as médias de tratamentos comparadas Teste Tukey a 5% de significância de probabilidade, através do programa ASSISTAT 7.7®

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os valores médios de porosidade total (P_t), macroporosidade, microporosidade e capacidade de campo (C_c) para os diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), na profundidade de 0-10 cm.

Avaliando as médias da variável de P_t , microporos e C_c verifica-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos. Já para macroporos verifica-se que houve uma diferença entre o T1 e T4.

Tabela 1 – Valores médios de porcentagem de Pt, macroporosidade (%), microporosidade (%) e Cc (%) para os diferentes tempos de adoção do SPD.

Tratamentos		Profundidade: 0-10 cm		
	Pt (%)	Macroporosidade (%)	Microporosidade (%)	Cc (%)
T1	51,20 a	16,81 a	34,39 a	33,18 a
T2	50,64 a	14,76 ab	35,88 a	34,86 a
T3	50,58 a	14,88 ab	35,69 a	34,60 a
T4	51,04 a	13,76 b	37,28 a	36,76 a
DMS	3,99	2,44	3,09	6,30
CV %	4,18	8,64	4,49	9,62

Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo Teste Tukey a 5% de significância

Cv= Coeficiente de variação; DMS= Diferença Mínima Significativa.

(T1 – 2 anos de SPD; T2 – 4 anos de SPD; T3 – 6 anos de SPD e T4 – 8 anos de SPD).

No caso da porosidade total não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos na profundidade de 0-10 cm. Este dado pode ser resultado dos ciclos sucessivos de umedecimento e secamento, que ocorre na superfície do solo, ocorrendo à melhoria da sua estrutura através da atividade biológica e acúmulo de matéria orgânica (SILVA *et al.*, 2005).

Stone e Silveira (2001) obtiveram no sistema plantio direto, na camada de 0-10 cm, pelo seu não-revolvimento e pela movimentação de máquinas e implementos agrícolas, menores valores de porosidade total. Comentam também que a redução da porosidade total e da macroporosidade e o aumento da microporosidade no solo sob plantio direto podem não afetar o desenvolvimento e a distribuição do sistema radicular. Já Streck *et al.* (2004), mostram que, ao aumentar o estado de compactação do solo, ocorre uma redução da porosidade total e macroporosidade sem aumento na microporosidade.

Na avaliação de macroporosidade, constatou-se que houve diferença significativa entre os T1 (2 anos do SPD) e o T4 (8 anos do SPD), sendo maior valor de macroporos no T1 na profundidade de 0-10 cm, concordando com os resultados obtidos por Aratani *et al.* (2009) comparando SPD de 5 e 12 anos, verificaram que a macroporosidade no de cinco anos apresentou diferenças estatísticas na camada de 0–0,10 m, onde apresentou maiores valores em relação ao SPD de 12 anos.

Stone e Silveira (2001) obtiveram maiores valores de macroporosidade no sistema de preparo que revolveram o solo na camada de 0-10 cm, do que no sistema de plantio direto.

Verifica-se que a tendência com os passar do tempo de adoção do sistema plantio direto, que haja uma redução nos valores de macroporosidade como se observa na tabela 1. Essa redução do tamanho dos poros é um dos indicativos da ocorrência do processo de

compactação, haja vista que a macroporosidade se forma, sobretudo, a partir do estabelecimento de espaços entre as unidades estruturais do solo (MORAES *et al.*, 2011). Essa redução dos macroporos acontece conforme o aumento da compactação no plantio direto, em função do tráfego de máquinas e implementos agrícolas, sendo que esses macroporos são menos resistentes, se deformando e formando microporos, onde os mesmos são mais resistentes e suportam maiores pressões.

Já no caso da microporosidade a tendência é que se aumenta o valor de microporos conforme vai passando o tempo de adoção do sistema plantio direto, como se observa na tabela 1. Para Argenton *et al.* (2005), com o sistema plantio direto e o cultivo mínimo, a microporosidade tende a aumentar ao longo do perfil do solo, por causa da baixa mobilização que esses sistemas de cultivo proporcionam. Tormena *et al.* (2002), também confirmam que a microporosidade aumenta no plantio direto comparado ao plantio convencional, isso se deve ao aumento da densidade do solo no plantio direto. Bertol *et al.* (2004), encontraram o volume de microporosidade relativamente alto (42% e 49%), presente em praticamente todas as camadas dos tratamentos estudados (exceção da camada de 0-10 no preparo convencional) o que indica a possibilidade de ocorrência de capilaridade no solo.

Analisa-se que no T4 obteve um maior valor de microporosidade, porém para Melo *et al.* (2007), que comparou os períodos de 4 e 8 anos de implantação do SPD, e chegaram a conclusões que os maiores valores de microporosidade foram obtidos na área de 4 anos, devido ao menor tempo de implantação do sistema plantio direto.

Avaliando as médias do variável de capacidade de campo verifica-se um maior valor no T4, mas que não houve diferença estatística entre os tratamentos na profundidade de 0-10 cm. Observa-se também na tabela 1 que a tendência é que os valores de Cc aumentem conforme vai passando o tempo de adoção do sistema plantio direto.

Segundo Amaral *et al.* (2017), a retenção de água no solo depende de sua granulometria, estrutura e algumas outras características. Sendo que as interações entre esses efeitos determinam a capacidade máxima e mínima do solo de reter e conduzir água. Libardi (2010), afirma que logo após a drenagem acessível de um solo saturado no campo, suas forças capilares são dominantes, e na medida em que o solo seca, sua adsorção vai adquirindo maior importância para a capacidade de retenção de água no solo.

Para Machado *et al.* (2005) no momento em que incide a pressão, o teor de água do solo, torna-se um fator determinante da intensidade de compactação. As alterações físicas, provocadas pela compactação, afetam o fluxo ou a concentração de água (STONE *et al.*, 2006).

Observando a tabela 1 verifica-se que os valores de microporosidade e capacidade de campo estão próximos, concordando com os resultados obtidos por Fabian e Filho (2000), onde obtiveram o valor de 18% de microporosidade e 16% de Cc na profundidade de 15 cm, valores que se encontram próximos.

Possivelmente as práticas agrícolas realizadas na propriedade são feitas de maneira correta, onde verifica-se que os parâmetros avaliados estão próximos dos fisicamente ideais, sendo macroporos próximos a 15% e microporos a 35%. Portanto, os diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto não influenciaram nas propriedades físicas-hídricas do solo nesta propriedade.

Conclusão

Os valores de Pt, microporos e Cc não apresentaram alteração significativa entre os diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto. Já os valores de macroporos diminuíram conforme aumentou-se o tempo de adoção do SPD.

Referências

- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 3, Junho 2009.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.2, p.111–116, 2011.
- AMARAL, K. F. S.; ROSA, H. A.; GIESEL, V.; MONTIEL, C. B.; BRONDANI, S. T.; SECCO, D. Propriedades físico-hídricas de um latossolo argiloso após compactação induzida mecanicamente. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11(3): 308-316, 2017.
- ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29: 425-435, 2005.
- BORKOWSKI, A. K. **Análise de curvas de retenção e de distribuição de poros de um latossolo vermelho distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto**. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Área de Concentração: Física) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2009.
- BRITO, A. S.; LIBARDI, P. L.; MOTA, J. C. A.; MORAES, S. O. Estimativa da capacidade de campo pela curva de retenção e pela densidade de fluxo da água. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 35:1939-1948, 2011.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.28, p.155-163, 2004.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V.A. **Influência da escarificação do solo sob sistema plantio direto nas propriedades do solo e na cultura da soja**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Passo Fundo (UPF), Passo Fundo. 2004.

CORTEZ, J. W.; ALVES, A. D. S.; MOURA, M. R. D.; OLSZEWSKI, N.; NAGAHAMA, H. J. Atributos físicos do argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1207-1216, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011. 230 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 1997, 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2013.

FABIAN, A. J.; FILHO, T. B. O. Determinação de capacidade de campo *in situ* ou através de equações de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.1029-1036, Maio 2000.

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F.C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 223-227, fev. 2002.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, vol.1, n.1, p. 221-227, 2007.

LIBARDI, P. L. Água no solo. In: VAN LIER, Q. de J. **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010.

MELO, D. DE; PEREIRA, J. O.; NÓBREGA, L. H. P.; OLIVEIRA, M. C. DE; MARCHETTI, I.; KEMPSKI, L. A. Características físicas e estruturais de um latossolo vermelho sob sistemas de plantio direto e cultivo mínimo após quatro e oito anos de plantio direto. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.15, n.3, 228-237, Jul./Set., 2007.

MORAES, M. T. **Qualidade física do solo sob diferentes tempos de adoção e de escarificação do sistema plantio direto e sua relação com a rotação de culturas**. 205 f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Processos Físicos e Morfogênicos do Solo – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria. 2013.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. Propriedades físicas do solo sob diferentes níveis de compactação em um latossolo vermelho distroférico. **Embrapa Soja**. Documentos, 2011. (EMBRAPA Soja. Documento 328).

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; FERREIRA, M. F. P.; MACHADO, R. L. T.; MACHADO, A. L. C.; BAUER, G. B. Influência da pressão de inflação do pneu do trator na resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 481-486, out-dez, 2005.

RÓS, A. B.; FILHO, J. T.; BARBOSA, G. M. C. Propriedades físicas de solo em diferentes sistemas de preparo para o cultivo da batata-doce. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 227-238, jan./fev. 2014.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, 2006

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, Oct. 2008.

SOARES, F. C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; RUSSI, J. L.; VIVAN, G. A. Redes neurais artificiais na estimativa da retenção de água do solo. **Ciência Rural**, v.44, n.2, fev, 2014.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:129-136, 2009.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparos e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 25:395-401, 2001.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionado ao armazenamento de água em Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.35, n.3, p.544-552, 2005.

SILVA, F. F.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ARATANI, R. G.; ANDRIOLI, F. F.; ANDRIOLI, I. Propriedades físicas de um latossolo vermelho cultivado no sistema plantio direto. **Irriga**. Botucatu, v. 13, n. 2, p. 191-204, abril-junho, 2008.

STONE, L. F.; GUIMARAES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.207-212, 2002.

SECCO, D.; ROS, C. O.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um latossolo vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 29:407-414, 2005.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Brazilian Journal of Biosystems**

- 391 **Engineering**, v. 11(3): 308-316, 2017 316 Feijão, 2006. 39p. (Embrapa Arroz e Feijão.
392 Documentos, 191).
393
- 394 STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em
395 propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator
396 em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, n.3, mai-jun, 2004.
397
- 398 TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A.
399 Densidade, porosidade e resistência a penetração em latossolo cultivado sob diferentes
400 sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.795-801, out./dez. 2002.