Atributos físicos do solo em sistemas de produção agrícola no Cerrado – Ano III

Felliphe Barcelos Medeiros[1], Antonio Guilherme Cruvinel[2], Vladiel de Freitas Almeida Soares das Dores[3], Vitória Ester de David[4], Wanessa Dos Santos Fonseca[5], Rose Luiza Moraes Tavares[6]

[1] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde- UNIRV, aluno de Iniciação, UniRV, PIBIC/PIVIC
[2] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde- UNIRV, aluno de Iniciação, UniRV, PIBIC/PIVIC
[3] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde- UNIRV, aluno de Iniciação, UniRV, PIBIC/PIVIC
[4] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde- UNIRV
[5] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde- UNIRV, aluno de Iniciação, UniRV, PIBIC/PIVIC
[6] Professora Dr, Universidade de Rio Verde- UNIRV, roseluiza@unirv.edu.br.

.

Reitor:
Prof. Dr. Alberto Barella Netto

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:
Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

Editor Geral:
Prof. Dra. Andrea Sayuri Silveira Dias Terada

Editores de Seção:
Profa. Dra. Ana Paula Fontana
Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva
Prof. Dr. Fábio Henrique Baia
Pra. Dra. Muriel Amaral Jacob
Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza
Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

Fomento:
Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2023-2024

Resumo: Tanto o sistema de plantio direto (SPD) quanto o sistema de integração lavora-pecuária (ILP) tendem a melhorar a qualidade física do solo no decorrer do tempo de adoção quando comparado aos sistemas convencionais de manejo agrícola, caracterizado por intenso revolvimento do solo. Baseado nisso, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade física do solo em áreas sob SPD e ILP estabelecidas em anos distintos. Para isto, foram selecionadas quatro áreas sob Latossolo Vermelho distrófico, sendo duas áreas de SPD e ILP com histórico recente de instalação (2018 e 2017) e duas áreas de SPD e ILP com histórico mais antigo (2011 e 2012), além de uma área de vegetação nativa próxima às áreas de SPD e ILP, como área de referência. As avaliações de solo foram feitas nas camadas de 10-20 e 20-40 cm após o período de "safrinha" em três anos agrícolas (2021 a 2023). Assim, foram determinados: densidade, porosidade, resistência à penetração e umidade do solo. Na camada de solo de 20-40 cm, as áreas de ILP apresentaram resultados semelhantes à área de vegetação nativa, indicando efeito positivo destes sistemas em melhorar a porosidade do solo. Porém, as áreas de ILP e SPD_antigo apresentaram maior densidade do solo, possivelmente devido o tráfego de máquinas agrícolas. E os valores de resistência do solo à penetração nas áreas de ILP indicaram compactação do solo e a necessidade de melhoria da qualidade física do solo.

Palavras-Chave: Integração lavoura-pecuária. Plantio Direto. Soil physics

Physical attributes of soil in agricultural production systems in the Cerrado – Year III

Abstract: *Both the no-tillage system (NT) and the integrated crop-livestock system (CL) tend to*

improve soil physical quality over time when compared to conventional agricultural management systems, characterized by intense soil disturbance. Based on this, this research aimed to evaluate soil physical quality in areas under NT and CL established in different years. For this, four areas under dystrophic Red Latosol were selected, two NT and CL areas with a recent history of installation (2018 and 2017) and two NT and CF areas with an older history (2011 and 2012), in addition to an area of native vegetation close to the NT and CL areas, as a reference area. Soil assessments were carried out in the 10-20 and 20-40 cm layers after the dry season period in three agricultural years (2021 to 2023). Thus, the following were determined: bulk density, porosity, penetration resistance and moisture. In the 20-40 cm soil layer, the CL areas presented results similar to the native vegetation area, indicating a positive effect of these systems in improving soil porosity. However, the CL and NT_old areas presented higher soil bulk density, possibly due to the traffic of agricultural machinery. And the values of soil penetration resistance in the CL areas indicated soil compaction and the need to improve the physical quality of the soil.

Keywords: *No-tillage. Crop-livestock integration. Soil physics*

Introdução

Devido a diminuição das ações de revolvimento do solo no sistema de plantio direto (SPD), a maioria das áreas da região no Cerrado têm apresentado compactação nas camadas subsuperficiais do solo, comprometendo o desempenho das lavouras. Acredita-se que este efeito possa ser revertido conforme aumenta o tempo de adoção do sistema principalmente quando o manejo envolve incremento de matéria orgânica via palhada, rotação de culturas, uso de plantas de cobertura, etc.

De acordo com Altman (2010) os primeiros 5 anos de instalação do SPD é instável com flutuações na produtividade, pois o solo encontra-se em franca evolução, com reordenamento de suas partículas. No período de 5-10 anos o solo encontra-se mais agregado e com maior acúmulo de palhada e carbono no solo. Enquanto em 10-20 anos é o período em consolidação com melhorias nos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, com tendência de maior ciclagem de nutrientes, armazenamento de água e diminuição dos níveis de compactação do solo.

Sabe-se, porém, que a maioria das áreas agrícolas no Cerrado não conseguiram atingir este padrão evolutivo de produção, pois nos primeiros sinais de compactação, o solo geralmente é revolvido, interrompendo o sistema e retornando à sua fase inicial.

No sistema ILP, o pisoteio animal pode ser prejudicial devido a pressão exercida pelos cascos dos animais ao solo, no entanto essa condição é suavizada com boas práticas de conservação e manejo de pastagem (época certa de estabelecimento, altura de pastejo e taxa de lotação animal adequada, além de adubação de acordo com a demanda da forrageira) (SOUSA et al., 2020).

Nesse sentido a avaliação de indicadores físicos podem gerar respostas sobre o potencial do SPD e ILP em manter ativa as funções do solo, objetivando a mínima interferência de ações de manejo como o revolvimento de solo, na tentativa de recuperar ou estabilizar o equilíbrio funcional do solo.
Assim, este trabalho objetivou avaliar atributos físicos do solo em áreas sob sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária estabelecidos em anos distintos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro Tecnológico COMIGO (CTC), fazenda experimental da cooperativa COMIGO em Rio Verde-GO. A área utilizada para o experimento encontra-se sob as coordenadas 17°45’48’’ S e 51°02’14’’ W, com altitude de 832 m e é composta de 2,21 ha (sistema de plantio direto) e 2,93 (sistema de integração lavoura-pecuária), sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico e textura argilosa (>35% de argila).

Os tratamentos constaram de áreas com diferentes sistemas de cultivo, sendo duas áreas com o sistema de plantio direto (SPD) e duas com o sistema integração lavoura pecuária (ILP) – estabelecidas em anos distintos e uma área de mata nativa, utilizada como referência de qualidade física do solo.

A agricultura da região é caracterizada pelo plantio de soja no verão como safra principal e para o período de segunda safra, tem-se o cultivo de milho solteiro nos SPDs e de forrageiras nos ILPs para

pastejo. Assim, os tratamentos foram instalados em esquema de faixas experimentais para viabilização das ações de manejo e podem ser resumidos conforme descrição abaixo para o ano de 2023:

1) SPD com 5 anos de histórico de instalação (SPD_recente);
2) SPD com 12 anos de histórico de instalação (SPD_antigo);
3) ILP com 6 anos de histórico de instalação (ILP_recente);
4) ILP com 11 anos de histórico de instalação (ILP_antigo);
5) Vegetação nativa.

Para o SPD, o plantio de milho, foi feito em meados de fevereiro com adubação de base de 300 kg ha^{-1} de fertilizante formulado NPK aplicado no sulco de plantio. E no estágio V6 é realizada a adubação de cobertura com ureia na quantidade média de 90 kg ha^{-1}, além de controle fitossanitário. Finalizado o ciclo do milho, a área é semeada com soja no período de safra.

No ILP, foi utilizado o plantio da forrageira em meados de fevereiro com uso de fertilizante P_2O_5 na dosagem de 150 kg ha^{-1}. Aproximadamente aos 84 dias após a semeadura da forrageira, foram inseridos no sistema 20 bovinos, machos não castrados, da raça Nelore, com taxa de lotação inicial e final variando de 3,22-2,38 a 1,80-1,62 UA ha^{-1} respectivamente (CTC, 2019).

Os animais permaneceram na área até agosto em manejo intermitente com taxa de lotação variável de acordo com a capacidade da forragem, sendo sete dias de ocupação e 28 dias de descanso. Finalizado o ciclo de pastejo, as forrageiras ficaram em descanso na área para rebrota e formação de biomassa para o plantio de soja no período de safra.

A amostragem de solo foi realizada no final do período de entressafra (SPD) e final de pastejo (ILP) anteriormente à semeadura da soja em três anos agrícolas (2020, 2021 e 2023). Foram coletadas amostras de solo do tipo indeformadas nas profundidades 0-20 e 20-40 cm com auxílio de anéis volumétricos de kopeck de 100 cm^3 para as avaliações de densidade e porosidade do solo.

No mesmo período foram feitas avaliações da resistência do solo à penetração com auxílio de um penetrômetro digital. As avaliações de densidade, porosidade e umidade do solo seguiram metodologia proposta em Teixeira et al (2017).

Resultados e Discussão

Para porosidade do solo (Pt), avaliando a camada de 0-20 cm, os dados foram significativos no último ano agrícola, com maior porosidade na área de vegetação nativa e sem diferença entre as áreas agrícolas (Figura 1-A).

Acredita-se que este resultado seja influenciado pelo mínimo revolvimento que ocorre nesta camada durante o plantio (ação dos discos acoplados na semeadora) de forma igualitária em todos os sistemas agrícolas avaliados (SPD e ILP) tanto no plantio de safra quanto de safrinha, o que pode ter promovido o mesmo efeito de revolvimento do solo e consequente porosidade entre os sistemas, enquanto que na área de vegetação nativa a porosidade é maior, pois possui estrutura de solo preservada, ou seja, não revolvida.

Para a camada de 20-40 cm, porém, já foi possível observar efeito benéfico dos sistemas de ILP nos anos de 2022 e 2023, que apresentaram porosidade estatisticamente similar (ILP_recente em 2022 e ILP_antigo em 2023) à área de vegetação nativa (Figura 1-B), indicando efeito positivo destes sistemas em melhorar a porosidade do solo. Segundo Galdos et al. (2020) as *Urochloas*, utilizadas em ILP possuem em sua estrutura, uma rede significativa de raízes finas, promovendo ao solo maior macroporosidade e maior complexidade e conectividade na rede de poros podendo ser um aspecto positivo de uniformidade da estrutura do solo.

Para densidade do solo (Ds), no geral, as áreas de ILP apresentaram maior densidade do solo, de forma estatisticamente similar à área de SPD_antigo, quando comparadas às áreas de SPD_recente e vegetação nativa na camada de 0-20 cm (Figura 1-C). Enquanto na camada 20-40 cm, todas as áreas apresentaram maior densidade do solo comparada à área de vegetação nativa (Figura 1-D), o que pode ser explicado pela frequência de tráfego de máquinas durante o plantio, manejo agrícola e colheita, sendo esta camada a principal afetada pela tensão e peso de máquinas agrícolas sobre o solo.

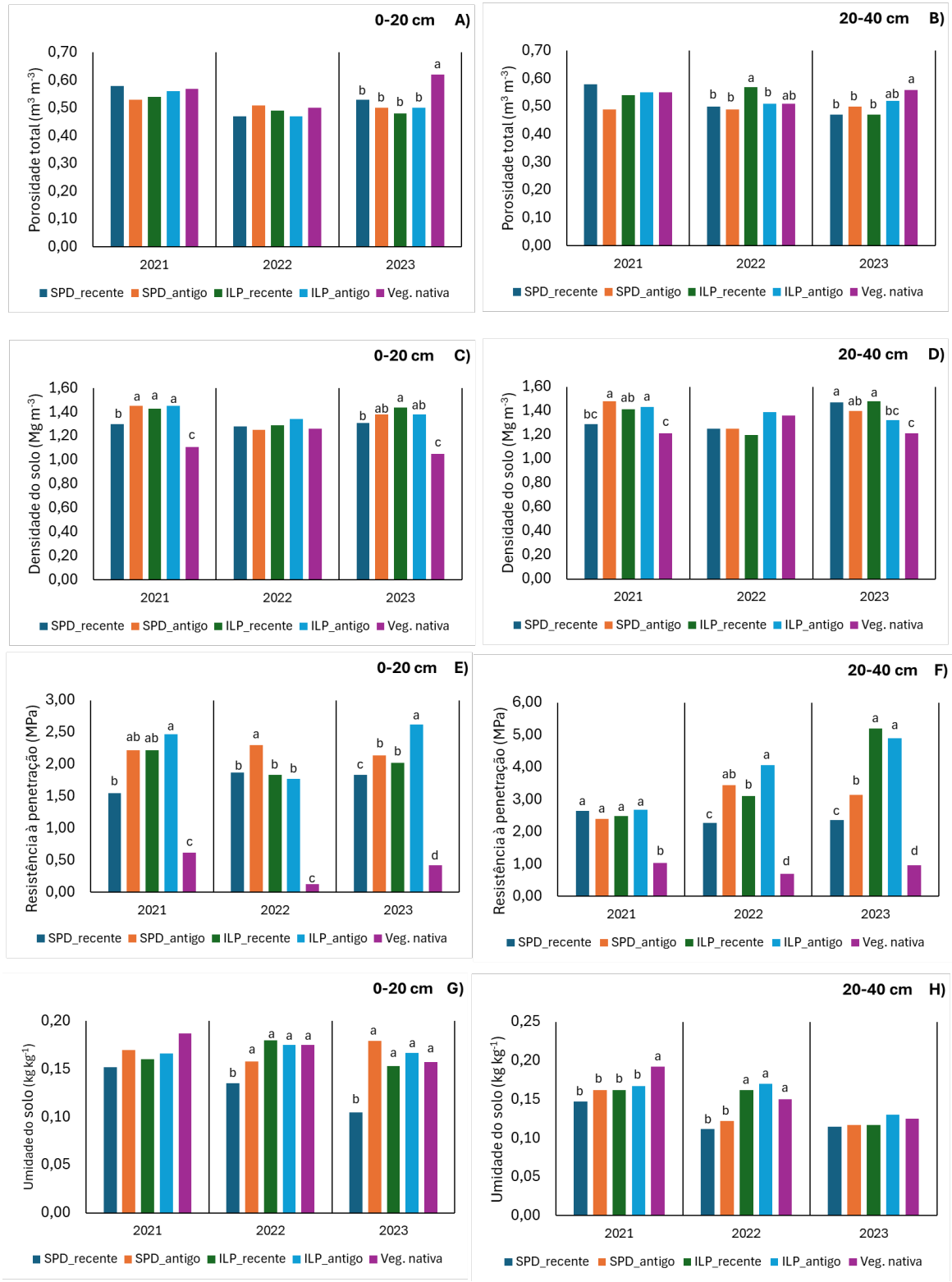

Figura 1. Efeito de diferentes sistemas de manejo agrícola avaliados em 3 anos agrícolas nas propriedades físicas do solo. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada ano, não diferem entre si significativamente, pelo teste de tukey a 5%.
Fonte: Próprio autor

No geral, a densidade apresentou efeito oposto à porosidade total, comprovado pela análise de correlação (Tabela 1), indicando que nas áreas onde correu maior porosidade do solo, há tendência de haver menor densidade do solo, como principal exemplo a área de vegetação nativa.

Os dados de resistência à penetração (RP) variaram conforme os anos avaliados, sendo que, no geral, a RP, seguiu mesma tendência dos resultados de densidade do solo na camada 0-20 cm, cuja relação entre RP e Ds nesta camada foi significativa (Tabela 1), indicando que conforme aumentou a Ds, aumentou a RP.

Os maiores valores de resistência à penetração na camada de 0-20 cm, foram nas áreas com SPD_antigo e ILP_antigos (Figura 1- E), possivelmente influenciadas também pelo tráfego de máquinas sobre o solo por mais anos, cujos valores encontrados nestas áreas indicam compactação do solo. Enquanto na camada 20-40 cm, foi possível observar no último ano avaliado, compactação do solo nas áreas de ILP, com histórico antigo e recente, com valores acima de 4 MPa (Figura 1-F).

Os valores considerados críticos de resistência à penetração variam de acordo com o tipo de solo, consistência, manejo adotado, entre outros fatores. Entretanto, alguns autores têm adotado o valor de até 2,0 MPa como limite máximo desejável para solos do tipo Latossolo (TORMENA et al., 1998; ASGARZADEH et al., 2011; MOURA et al., 2021).

Tabela 1. Análise de correlação de Pearson entre atributos físicos do solo avaliados em diferentes sistemas de produção agrícola (SPD e ILP) no cerrado em 3 anos.

	0-20 cm			20-40 cm		
	Ds	**Um**	**RP**	**Ds**	**Um**	**RP**
Pt	**-0,48****	-0,08^{ns}	-0,24^{ns}	**-0,58****	-0,07^{ns}	-0,22^{ns}
Ds		0,10^{ns}	**0,64****		0,14^{ns}	0,22^{ns}
Um			-0,06^{ns}			-0,25^{ns}

**, significativo a 5% de probabilidade.
Fonte: Próprio autor

Para umidade do solo na camada de 0-20 cm, somente na área SPD-recente foram observados menores valores quando comparado ao solo das demais áreas (Figura 1-G). Este resultado demonstrou a importância do sistema SPD_antigo e ILPs em preservar a umidade do solo, efeito este promovido principalmente pela quantidade de palhada na superfície do solo. Em sistemas com maior aporte de palha sobre o solo ou com maior acúmulo no decorrer dos anos, há um efeito positivo na preservação do poder matricial do solo (FERNANDES et al., 2016, FERREIRA et al., 2018).

Na camada de 20-40 cm, os resultados de umidade do solo variaram no ano, sendo que em 2021 somente a área de vegetação nativa apresentou maior teor de umidade do solo, enquanto em 2022, a umidade do solo foi maior nas áreas de ILPs e vegetação nativa. Por fim, em 2023, não houve diferença significativa na umidade do solo entre as áreas avaliadas (Figura 1-H).

Importante ressaltar que os valores de umidade variam conforme as condições climáticas do dia de amostragem de solo, apesar destas terem sido feitas sempre no mesmo período, ou seja, na safrinha, até uma semana após a colheita do milho nas áreas de SPD e ainda com pastejo nas áreas de ILP.

Conclusão

Na camada de solo de 20-40 cm, as áreas de ILP apresentaram resultados semelhantes à área de vegetação nativa, indicando efeito positivo destes sistemas em melhorar a porosidade do solo. Porém, as áreas de ILP e SPD_antigo apresentaram maior densidade do solo, possivelmente devido o tráfego de máquinas agrícolas. E os valores de resistência do solo à penetração nas áreas de ILP indicaram compactação do solo e a necessidade de melhoria da qualidade física do solo.

Agradecimentos

Agradecimento a Universidade de Rio Verde-UNIRV pelo programa de iniciação cientifica e a CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa ao primeiro autor, e também para o CTC Centro Tecnológico Comigo pela utilização da área dos experimentos.

Referências Bibliográficas

ALTMANN, N. **Plantio Direto no Cerrado: 25 anos acreditando no sistema**. Ed. Aldeia Norte. Passo Fundo. 568 p., 2010.

ASGARZADEH, H.; MOSADDEGHI, M. R.; MAHBOUBI, A. A.; NOSRATI, A.; DEXTER, A. R. Integral energy of conventional available water, least limiting water range and integral water capacity for better characterization of water availability and soil physical quality. **Geoderma**, v. 166, n. 1, p. 34-42, 2011.

CENTRO TECNOLÓGICO COMIGO - CTC. **Anuário de Pesquisas – Resultados 2018-2019**. NUNEZ, A. J. C.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, D. T.; ALMEIDA, D. P.; NASCIMENTO, H. L. B.; FERNANDES, R. H. BILEGO, U. O. (Eds) – 9 Ed. Rio Verde,GO: Instituto de Ciência e Tecnologia, 2019.

FERNANDES, K. L.; RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J.; CUSTÓDIO. G. D.; BARROS, L. R. Influence of time management in modeling of curve resistance to the penetration of a latosol under different uses and management of pastures and native woodland. **Revista Árvore**, v. 40, n. 3, p. 519-527, 2016.

FERREIRA, C. J. B.; TORMENA, C. A.; CECATO, U.; FRANCO, H. H. S.; MOREIRA, W. H.; GALBEIRO, S.; RIBEIRO, O. S. Soil physical properties under a 'Tanzânia' grass pasture fertilized with mineral nitrogen or intercropped with stylosanthes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 478-486, 2018.

GALDOS, M. V.; BROWN, E.; ROSOLEM, C. A.; PIRES, L. F.; HALLETT, P. D.; MOONEY, S. J. Brachiaria species infuence nitrate transport in soil by modifying soil structure with their root system. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, e5072, 2020.

MOURA, M. S.; SILVA, B. M.; MOTA, P. K.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V.; ACUÑA-GUZMAN, S. F.; ARAÚJO, G. S. S.; LUCAS DE CASTRO MOREIRA DA SILVA, L. C. M.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N. Soil management and diverse crop rotation can mitigate early-stage no-till compaction and improve least limiting water range in a Ferralsol. **Agricultural Water Management**, v. 243, n. 1, e106523, 2021.

SOUSA, H. M.; CORREA, A. R.; SILVA, B. M.; OLIVEIRA, S. S.; CAMPOS, D. T. S. WRUCK, F. J. Dynamics of soil microbiological attributes in integrated crop-livestock systems in the Cerrado-Amazônia ecotone. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, p. 9–20, mar. 2020.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Characterization of the least limiting water range of an oxisol under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 573-581, 1998.