

## Indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto escarificado

### Physical quality indicators in Latosol under no tillage chiseled

Wilson Antonio Klein<sup>I</sup> Matheus Baseggio<sup>II</sup> Tiago Madalosso<sup>II</sup>

#### RESUMO

A avaliação da qualidade física dos solos agrícolas tem assumido importância cada vez maior, principalmente em áreas sob sistema plantio direto, uma vez que nesse sistema de manejo ocorrem importantes alterações na estrutura do solo. A resistência mecânica do solo à penetração (RP), o intervalo hídrico ótimo (IHO) e a densidade relativa (DR) têm sido apresentados como opções para essa avaliação. Os objetivos deste trabalho foram avaliar e modelar a RP em função da umidade e densidade do solo e determinar o IHO em função da DR em dois sistemas de manejo. Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas na camada de 0-5cm, em solo sob plantio direto (PD) e plantio direto escarificado (PDE) há seis meses. Em laboratório, determinou-se a RP utilizando penetrômetro eletrônico e efetuou-se um ajuste estatístico individual para cada manejo à equação de Busscher. No PDE, para uma mesma densidade e umidade do solo, a RP foi menor que no PD, e a diferença na RP foi maior entre os dois manejos quando a umidade do solo no campo foi menor. O IHO foi maior no PDE até a DR 0,9. Os resultados permitem concluir que a RP é um parâmetro sensível para determinar a qualidade estrutural do solo e que o PDE reduziu significativamente a RP e aumentou o IHO, o que proporcionará melhores condições para o desenvolvimento radicular das plantas por um período de tempo maior.

**Palavras-chave:** compactação do solo, plantio direto, escarificação.

#### ABSTRACT

The assessment of the physical quality of agricultural soils has taken on added importance, especially in areas under no tillage, as important changes to soil structure occur as a result of this type of management. Soil resistance to penetration (RP), the least limit water range (LLWR) and relative density (RD) have been used as evaluation parameters. The

aim of this study was to assess and model RP as a function of soil moisture and density and to determine the LLWR as a function of RD under two management systems. Samples of soils under no tillage (NT) and chiseled no tillage (CNT) for six months and whose structure had been preserved were collected at a depth of 0 to 5cm. In the laboratory, RP was assessed using an electronic penetrometer and each management system was statistically adjusted to Busscher's equation. In CNT soils, RP was lower for the same density and moisture, and lower than the PD, whereas the difference in RP was larger between the two management systems when soil moisture in the field was lower. The LLWR was higher under CNT up to an RD of 0.9. Results allow us to conclude that RP is a sensitive parameter for determining the physical quality of the soil and that CNT significantly reduced RP and increased the LLWR, providing favorable conditions for root growth for a longer time period.

**Key words:** soil compaction, under no tillage, chiseling.

#### INTRODUÇÃO

O manejo do solo altera suas propriedades físico-hídrico-mecânicas e, por consequência, o desenvolvimento das plantas e a produtividade das culturas. No sistema plantio direto, condição na qual o solo é mobilizado somente na linha de semeadura, inúmeras são as constatações, quando mal manejado, de que a estrutura do solo é negativamente afetada, com aumento da densidade e consequente redução da porosidade total e a de aeração, além de aumento na resistência mecânica do solo à penetração (RP) (CAMARA & KLEIN, 2005a; KLEIN et al., 2008).

<sup>I</sup>Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV), Universidade de Passo Fundo (UPF), CP 611, 99001-970, Passo Fundo, RS, Brasil. E-mail: vaklein@upf.br. Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Curso de Agronomia, FAMV, UPF, Passo fundo, RS, Brasil.

A RP influencia diretamente o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas (WEAICH et al., 1992). WOLF & SNYDER (2003) evidenciaram que a taxa de crescimento das raízes depende da espécie da planta, destacando, no entanto, que, para haver alongação, há necessidade de deslocamento de partículas de solo. Quanto maior a densidade do solo, maior será a RP e mais severamente a alongação das raízes será afetada, o que, segundo PLASTER (2003), afeta a sustentação da planta e o suprimento de água e nutrientes. Além disso, a sanidade e o equilíbrio nutricional da parte aérea das plantas dependem de um sistema radicular amplo e bem distribuído.

MARSHALL et al. (1999) destacam que manejos para favorecer a penetração das raízes incluem operações como escarificação, pelo fato desta romper barreiras físicas, aumentando a porosidade total. REINERT et al. (2008) destacam que o sistema plantio direto em um Argissolo distrófico típico elevou a densidade do solo para níveis limitantes, observado pela restrição no crescimento do sistema radicular das plantas cultivadas. Afirmam ainda que, em condições de compactação excessiva, a mobilização eventual com a utilização de escarificadores pode ser necessária.

Uma grande dúvida que persiste é a duração dos efeitos da escarificação sobre as propriedades físicas do solo. VIEIRA & KLEIN (2007), avaliando os efeitos de uma escarificação de solo sob plantio direto, transcorridos dois anos, não observaram diferença na densidade do solo. Porém, a taxa de infiltração da água na superfície do solo ainda era muito maior no plantio direto escarificado. Isso demonstra que a infiltração da água, propriedade que descreve melhor a funcionalidade da geometria porosa do solo, estava sendo favorecida pela escarificação. Essa constatação leva a crer que a simples determinação da densidade do solo não é capaz de detectar essas alterações.

Nesse contexto, a determinação da RP se apresenta como uma metodologia alternativa para detecção dessas alterações nas propriedades físicas do solo. Para TORMENA & ROLOFF (1996), a RP é um bom parâmetro para avaliar os efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular, destacando que essa propriedade é muito mais sensível na detecção de diferenças na estrutura do solo do que a densidade do solo.

Metodologias como o IHO (Intervalo hídrico ótimo), que agrupam vários fatores limitantes em um só conceito, determinam a faixa de umidade na qual as condições para o desenvolvimento das plantas seriam ótimas, isso é, água disponível, sem resistência mecânica do solo crítica à penetração das raízes e tampouco deficiência de porosidade de aeração (PAR)

(TORMENA et al., 1998). O grande desafio na utilização dessa metodologia é definir os níveis críticos de RP e da PAR. Valores de 2 a 3MPa são amplamente utilizados (NESMITH, 1987), enquanto que, para a PAR, um valor utilizado como limitante é  $0,10\text{m}^3 \text{ ar m}^{-3}$  solo (SOJKA, 1992). Sabe-se, no entanto, que esses valores são apenas uma referência, pois a taxa de difusão gasosa no solo depende da profundidade e densidade do sistema radicular, temperatura do solo, tortuosidade do espaço poroso, dentre outros.

Outro indicador que tem sido apresentado é a densidade relativa (DR), que é a razão entre a densidade do solo (DS) no campo e a densidade máxima (DMS) resultante da compactação obtida em laboratório pelo ensaio de Proctor normal, eliminando, assim, o efeito da textura e da matéria orgânica sobre a DS (KLEIN, 2006). LIEPIC et al. (1991), trabalhando com a cultura da cevada em dois solos: um com  $0,20\text{kg kg}^{-1}$  e outro com  $0,60\text{kg kg}^{-1}$  de argila, encontraram redução no crescimento das plantas e no rendimento de grãos quando a DR excedeu valores de 0,91 e 0,88, respectivamente, e REICHERT et al. (2009) detectaram que a DR na qual o IHO é igual a zero variou de 0,91 a 0,95 para solos com 0,72 a  $0,10\text{g kg}^{-1}$  de argila.

Os objetivos deste trabalho foram quantificar e modelar a resistência mecânica do solo à penetração em função da densidade e umidade do solo, além de determinar o intervalo hídrico ótimo em função da densidade relativa de um Latossolo Vermelho distrófico típico, visando a propor formas alternativas de manejo do solo sob plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

Durante um período de 40 dias, amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas em um Latossolo Vermelho distrófico típico, na camada de 0-5cm, utilizando trado do tipo Uhlund e cilindros metálicos com 5cm de diâmetro e 5cm de altura ( $100\text{cm}^3$ ). A composição granulométrica do solo determinada pelo método da pipeta era de 470, 140 e  $390\text{g kg}^{-1}$  de argila, silte e areia, respectivamente.

As coletas foram feitas em áreas contíguas sob dois sistemas de manejo: plantio direto e plantio direto escarificado seis meses antes. Em ambos os manejos, as coletas iniciaram após a colheita do milho. As amostras, 50 em cada manejo, foram coletadas em distintas condições de umidade do solo.

Imediatamente após a coleta, em laboratório, determinou-se a resistência mecânica do solo à penetração, utilizando um penetrômetro eletrônico modelo MA-933, marca Marconi. Esse equipamento opera com velocidade constante de  $0,1667\text{mm s}^{-1}$  e é

equipado com uma célula de carga de 200N, haste com cone de 4mm de diâmetro de base e semiângulo de 30°, receptor e interface acoplada a um microcomputador para obtenção e armazenagem dos dados.

Após o ensaio, as amostras foram secadas e determinadas a umidade e densidade do solo. Os valores de RP em função da densidade e umidade do solo foram ajustados a um modelo não linear proposto por BUSSCHER (1990), utilizando o pacote estatístico SAS (2005), baseado em metodologia descrita por KLEIN (2008).

Foram coletadas ainda 15 amostras com estrutura preservada em cada manejo, que foram saturadas e submetidas à tensão de 6kPa para determinar a umidade correspondente à capacidade de campo. Além disso, amostras com estrutura não preservada foram coletadas para obter umidade correspondente ao ponto de murcha permanente, utilizando psicrômetro WP4-T (KLEIN, 2008) e possibilitando a determinação do intervalo hídrico ótimo (TORMENA et al., 1998).

Para determinação da densidade relativa, utilizou-se o valor da densidade do solo máxima ( $Ds_{máx}$ ), determinado pelo ensaio de Proctor normal e pela metodologia descrita por KLEIN (2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ajuste dos dados da RP, estimada pela equação de Busscher, em função da RP medida para os dois manejos, foi alto, sendo melhor no PD que no PDE (Figura 1). Isso ocorreu provavelmente devido à variabilidade espacial das propriedades físicas do solo nesse sistema de manejo, também detectada por CAMARA & KLEIN (2005b).

A densidade do solo no PD foi estatisticamente superior ao PDE (Tabela 1), confirmando os resultados obtidos por CAMARA & KLEIN (2005a) e contrapondo VIEIRA & KLEIN (2007), que não encontraram diferenças.

A  $Ds_{máx}$  pelo ensaio do Proctor para o solo do presente estudo foi de  $1,551 \text{Mg m}^{-3}$ , que permitiu a determinação da densidade relativa do solo (DR). Na tabela 1, está apresentada a frequência das amostras de solo coletadas por classe da DR. Os resultados demonstraram que no PD 66% das amostras apresentavam DR maior que 0,85, enquanto que no PDE esse percentual era de 31%. Isso indica que transcorridos seis meses ainda persistiam efeitos positivos da escarificação sobre a DR no PDE.

Solos com compactação têm sua geometria porosa afetada, o que aumenta a retenção de água sem que, no entanto, essa água esteja necessariamente disponível para as plantas. Na avaliação temporal da umidade volumétrica do solo (Tabela 1 e Figura 2), constatou-se que, na média das datas, não houve diferença. No dia 12/5/08, o PDE apresentou maior retenção do que o PD, e em todos os demais esta foi maior no PD que no PDE, apresentando diferença significativa apenas nos dias 16/5 e 5/6, comprovando de qualquer forma a maior retenção de água nessa camada de solo sob PD.

A RP, com exceção do dia 12/05/08, foi superior no PD (Figura 2), não havendo, no entanto, diferença significativa nos dias 16/5, 5/6 e 13/6. No dia 26, a RP no PD foi de 8,4MPa, enquanto que, no PDE, foi de 3,8MPa, para umidade do solo de 0,21 e 0,20  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , respectivamente, concordando com CAMARA & KLEIN (2005a), os quais destacaram que a diferença da RP entre o PD e o PDE aumentou com a redução da

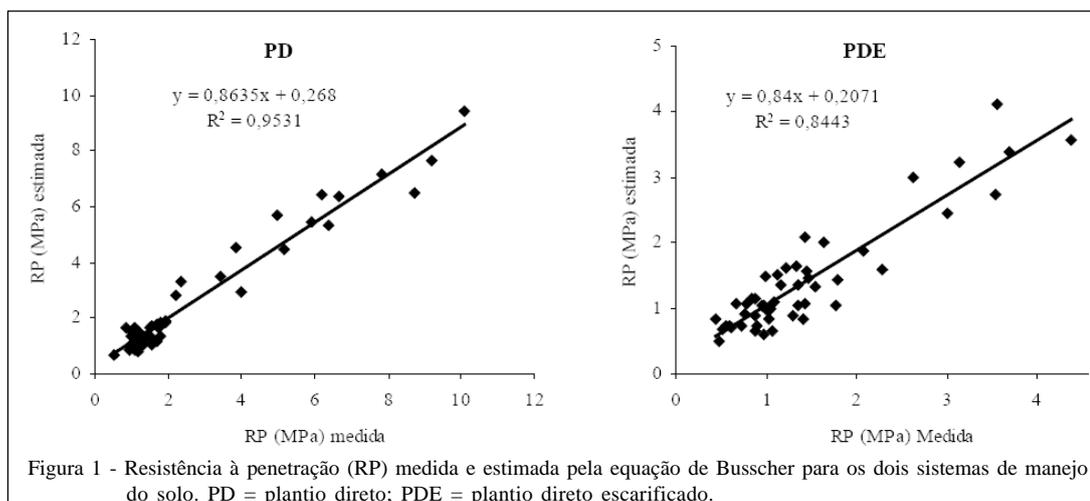


Figura 1 - Resistência à penetração (RP) medida e estimada pela equação de Busscher para os dois sistemas de manejo do solo. PD = plantio direto; PDE = plantio direto escarificado.

Tabela 1 - Densidade e teor médio de água do solo e coeficiente de variação das amostras coletadas e frequência por faixa da densidade relativa (DR) nos dois manejos de solo.

Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )		Umidade volumétrica ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	
PD	PDE	PD	PDE
1,359 a	1,282 b	0,300 a	0,296 a
CV (%)			
6,98	7,05	16,58	19,32
Classes DR	PD	PDE	
	-----%-----		
0,7 a 0,75	2	13	
0,75 a 0,8	6	19	
0,8 a 0,85	26	37	
0,85 a 0,9	34	23	
>0,9	32	8	

PD – Plantio Direto.

PDE – Plantio Direto Escarificado.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t ( $P < 0,05$ ).

umidade do solo. Isso demonstra que, mesmo o PD retendo mais água, esta não é suficiente para reduzir a RP e que isso poderá prejudicar o crescimento do sistema radicular com maior intensidade que no PDE.

Denota-se também com esses resultados que efetivamente a RP é um bom parâmetro para avaliação da qualidade estrutural do solo, uma vez que, no dia 26/05, enquanto a densidade do solo foi 14,4% superior no PD, a RP foi 116%. A resistência mecânica do solo à penetração (RP) demonstrou ser um bom parâmetro para avaliar os efeitos de manejos de solos, refletindo de maneira sensível as alterações dinâmicas

ocorridas na estrutura do solo, concordando com TORMENA & ROLOFF (1996).

A equação que descreve o efeito da densidade e da umidade do solo sobre a RP para o PD é:  $\ln RP = -4,623 + 6,076 \ln DS - 2,831 \ln \theta$  e para o PDE:  $\ln RP = -4,816 + 7,313 \ln DS - 2,626 \ln \theta$ . Analisando os parâmetros empíricos da equação, constata-se que no PD há uma menor contribuição positiva da DS e uma maior influência negativa da umidade do solo sobre a RP em comparação com a equação do PDE.

A partir das equações anteriores, determinou-se analiticamente a umidade do solo para determinada densidade em que a RP atinge 2MPa (Figura 3). Esses valores foram definidos em função de serem considerados como limitantes ao crescimento do sistema radicular das plantas (NESMITH, 1987). Constata-se que, para uma mesma DS, o PD atingiu a RP de 2MPa com a umidade volumétrica ( $\theta$ ) mais elevada que no PDE. Desse modo, verifica-se que, em situação de deficiência hídrica, condições impeditivas ao crescimento de raízes custarão mais a ocorrer no PDE, devido ao fato desse manejo permitir níveis mais baixos de umidade para atingir o limite crítico da RP.

Os gráficos clássicos da variação do intervalo hídrico ótimo (IHO) em função da densidade do solo para os dois manejos (Figura 4) demonstram que no PD o IHO=0 foi atingido na densidade de  $1,46 \text{g cm}^{-3}$ , enquanto que, no PDE, essa densidade crítica não foi atingida.

O IHO foi maior no PDE até a densidade relativa 0,9, condição em que se igualou ao PD ( $0,06 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) (Figura 4). O maior valor de IHO ocorreu no PDE na DR de 0,7 ( $0,19 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ). A partir dessa condição, houve uma redução contínua e constante de  $0,02 \text{m}^3 \text{m}^{-3} / 0,05$

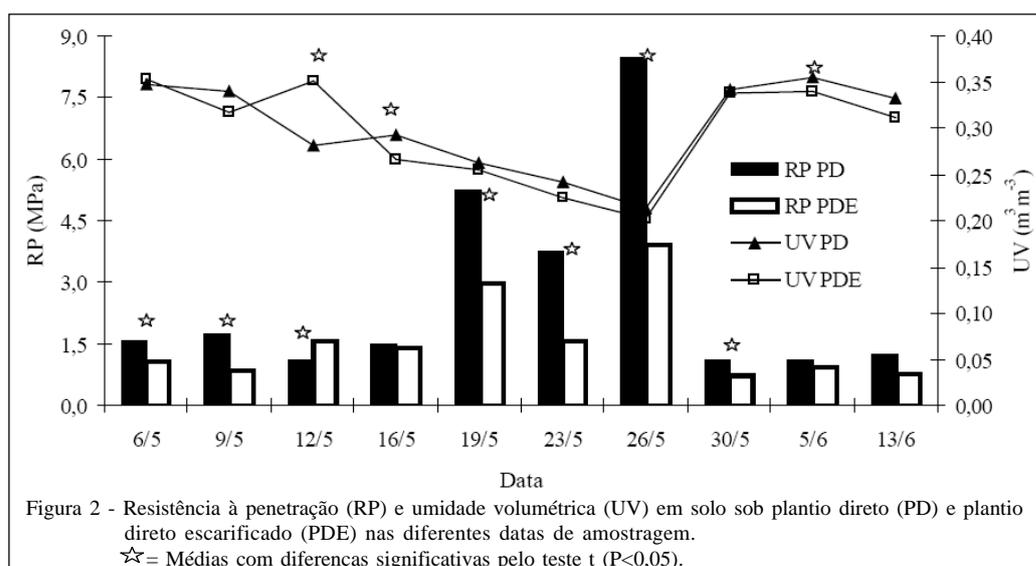
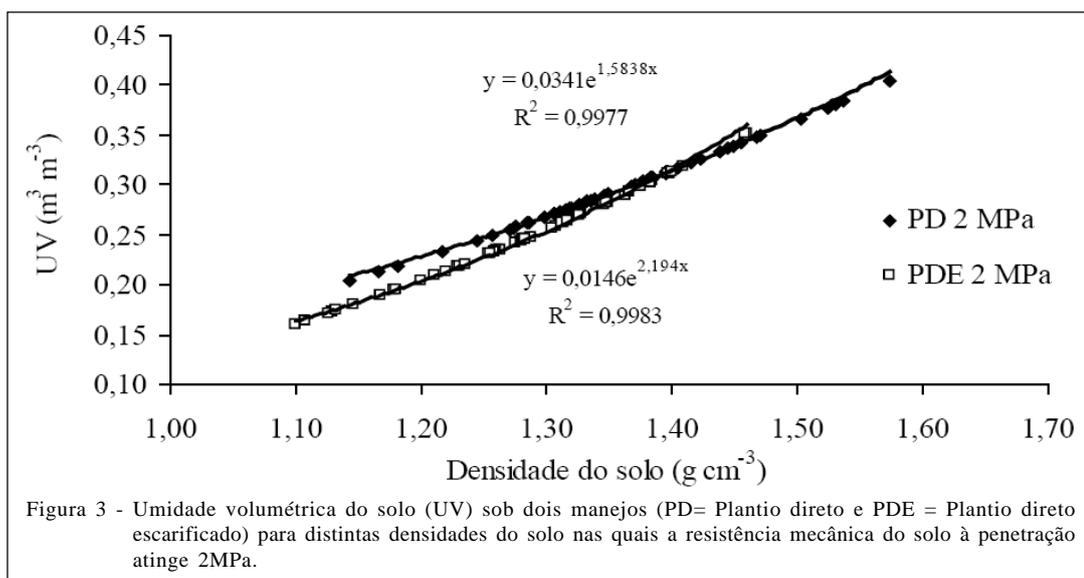


Figura 2 - Resistência à penetração (RP) e umidade volumétrica (UV) em solo sob plantio direto (PD) e plantio direto escarificado (PDE) nas diferentes datas de amostragem.

☆ = Médias com diferenças significativas pelo teste t ( $P < 0,05$ ).



DR, até a DR de 0,85, redução ocasionada pelo aumento da RP. Nesse ponto, ocorreu uma inflexão na curva com incremento na redução do IHO, que passou para  $0,06\text{m}^3\text{m}^{-3}/0,05\text{DR}$ , taxa de redução três vezes superior, ocasionada devido à porosidade de aeração limitante. No PD, houve uma redução constante e contínua do IHO de  $0,03\text{m}^3\text{m}^{-3}/0,05\text{DR}$  até a DR de 0,9, também ocasionada pelo incremento na RP, ocorrendo a partir desse ponto um incremento na redução que passou a ser de  $0,06\text{m}^3\text{m}^{-3}/0,05\text{DR}$ , ocasionado pela limitação de aeração.

Nesse contexto, KLEIN (2006) encontrou, para um Latossolo Vermelho, com teor de argila de  $700\text{g kg}^{-1}$ , DR de 0,71 para IHO máximo ( $0,12\text{m}^3\text{m}^{-3}$ ). Para este estudo, a menor DR obtida foi de 0,71 com IHO máximo de  $0,19\text{m}^3\text{m}^{-3}$ . Observa-se uma grande diferença do IHO para uma mesma DR. Já a DR em que o IHO é igual a zero, naquele estudo foi de 0,88, enquanto que neste foi de 0,95, concordando com REICHERT et al. (2009).

Esses resultados permitem concluir que, no PDE na DR 0,85 e no PD na DR 0,9, parece haver um ponto crítico, a partir do qual as condições físicas do solo apresentam maior degradação a ponto de comprometer o pleno desenvolvimento das plantas. Efetivamente estudos como o de CARTER (1990) têm demonstrado que, em solos sob PD, parece haver um certo equilíbrio de DR próximo a 0,89, condição que, no entanto, já afetaria as plantas. Utilizando a equação de  $D_s^{\text{máx}}$  em função do teor de argila apresentada por KLEIN (2008) e os resultados do trabalho de REINERT et al. (2008) em um Argissolo distrófico típico sob PD, constata-se que a DR na qual o sistema radicular das

plantas teve o seu crescimento afetado é em torno de 0,9. Analisando um grupo de dados de densidade do solo crítico, apresentados por REICHERT et al. (2007), constata-se que a DR crítica situou-se entre 0,9 e 0,95. Nesse contexto, afirma-se que valores de DR até 0,9 não são problemas para o pleno desenvolvimento do sistema radicular, de 0,9 a 0,95, são sinal de alerta e acima de 0,95 indicam solos compactados, necessitando urgente intervenção mecânica, como escarificação.

## CONCLUSÕES

Considerando a mesma umidade e densidade de solo, o plantio direto escarificado apresentou menor resistência à penetração e diferenças acentuadas em relação ao plantio direto nas datas em que as amostras apresentavam baixa umidade volumétrica.

O PDE somente atingiu os níveis críticos para o crescimento de raízes com valores de umidade mais baixos que o PD. Assim, em situações de deficiência hídrica, esta se torna uma vantagem do plantio direto escarificado.

O intervalo hídrico ótimo foi maior no PDE até a DR de 0,9 e uma maior redução na DR de 0,85 e 0,9 para o PDE e o PD, respectivamente.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto e pelas bolsas de produtividade em pesquisa e de iniciação científica. AO Pibic/UPF e Pibic/Fapergs, pelas bolsas de iniciação científica.

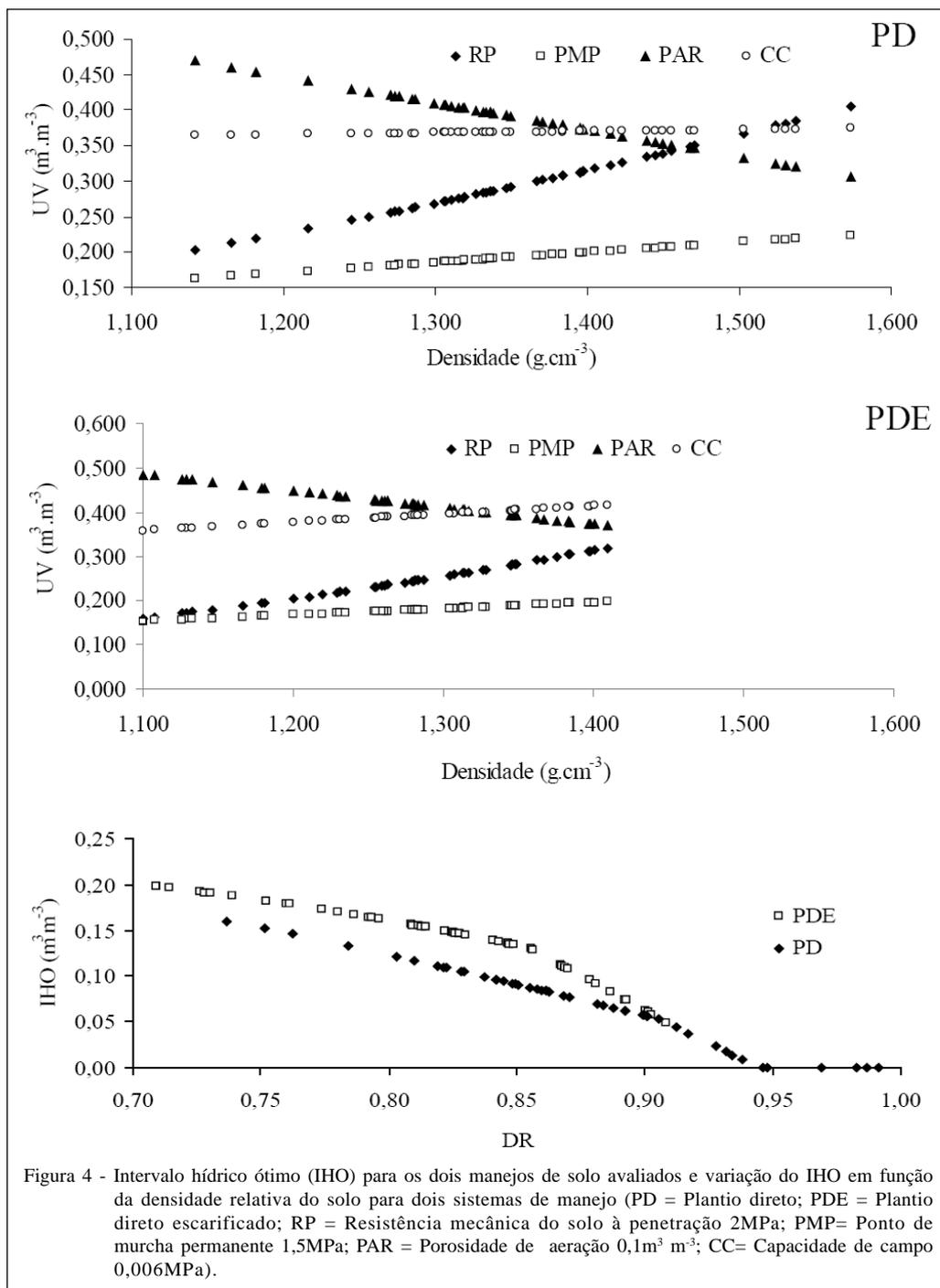


Figura 4 - Intervalo hídrico ótimo (IHO) para os dois manejos de solo avaliados e variação do IHO em função da densidade relativa do solo para dois sistemas de manejo (PD = Plantio direto; PDE = Plantio direto escarificado; RP = Resistência mecânica do solo à penetração 2MPa; PMP= Ponto de murcha permanente 1,5MPa; PAR = Porosidade de aeração 0,1m³ m⁻³; CC= Capacidade de campo 0,006MPa).

## REFERÊNCIAS

BUSSCHER, W.J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. **Transaction of the ASAE**, Jt Joseph, v.33, p.519-524, 1990.

CAMARA, R.K.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.4, p.813-819, 2005a. Disponível

em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000400010>>. Acesso em: 19 ago. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782005000400010.

CAMARA, R.K.; KLEIN, V.A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p.789-796, 2005b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/10.1590/S0100-06832005000500014>>. Acesso em: 19 ago. 2009. doi: 10.1590/S0100-06832005000500014.

- CARTER, M.R. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies of fine loamy sands. **Canadian Journal Soil Science**, v.70; p.425-433, 1990.
- KLEIN, V.A. Densidade relativa – um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p.26-32, 2006.
- KLEIN, V.A. **Física do solo**. Passo Fundo: EDIUPF, 2008. 212p.
- KLEIN, V.A. et al. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.38, p.365-371, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000200011>. Acesso em: 19 ago. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782008000200011.
- LIEPIC, J. et al. Soil physical properties and growth of spring barley as related to the degree of compactness of two soils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.19, p.307-317, 1991.
- MARSHALL, T.J. et al. **Soil Physics**. 3.ed. Cambridge, Cambridge Press, 1999. 453p.
- NESMITH, D.S. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Ultisol. **Soil Science Society of America Journal**, Standford, v.51, p.183-186, 1987.
- PLASTER, E.J. **Soil Science & management**. 4.ed. New York: Thomson, 2003. 384p.
- REICHERT, J.M. et al. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: VIDAL-TORRADO et al. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. V.4, p.49-134
- REICHERT, J.M. et al. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production. I Subtropical highly weathered soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.102, p.242-254, 2009.
- REINERT, D.J. et al. 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, p.1805-1816, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000500002>. Acesso em: 19 ago. 2009. doi: 10.1590/S0100-06832008000500002.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **User's guide**. versão 9.1.ed. Cary: SAS Institute, 2005. (CD-ROM).
- SOJKA, R.E. Stomatal closure in oxygen-stressed plants. **Soil Science**, Baltimore, v.154, p.269-280, 1992.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.333-339, 1996.
- TORMENA, C.A. et al. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.573-581, 1998.
- VIEIRA, M.L.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1271-1280, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600006>. Acesso em: 19 ago. 2009. doi: 10.1590/S0100-06832007000600006.
- WEAICH, K. et al. Preemergent shoot growth of maize under different drying conditions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.1272-1278, 1992.
- WOLF, B.; SNYDER, G.H. **Sustainable soils. The place of organic matter in sustaining soils and this productivity**. New York: Food Product, 2003. 352p.