



XXXIII

Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

EFEITO DE ROMPEDORES DE SOLO EM SEMEADORAS PARA PLANTIO DIRETO NA MITIGAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

Antônio Faganello¹; José Eloir Denardin¹; Rainoldo Alberto Kochhann²; Arcenio Sattler²

⁽¹⁾ Pesquisador, Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 294, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: denardin@cnpt.embrapa.br; ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Trigo, aposentado, Passo Fundo, RS.

Resumo - O sistema plantio direto (SPD), na região subtropical úmida do Brasil, tem apresentado falhas no processo de adoção, com consequente problema de compactação de solo. Considerando que esse sistema ocupa, nessa região do país, cerca de 10 milhões de hectares, o problema instalado assume relevância, tornando-se ameaça à sustentabilidade da agricultura. Como solução para o problema, tem sido preconizado mobilizar o solo, porém, essa prática contrapõe-se ao princípio fundamental do SPD. Portanto, objetivou-se comparar elementos rompedores de solo, facão de ação profunda versus discos duplos desencontrados, equipando semeadora para plantio direto, como possível técnica mitigadora da compactação de solo. O ensaio, conduzido a campo, foi delineado em blocos ao acaso, com dois tratamentos e seis repetições. Os tratamentos constaram de semeadora equipada com elementos rompedores de solo tipo facão de ação profunda e semeadora equipada com elementos rompedores de solo tipo discos duplos desencontrados. O efeito dos tratamentos foi avaliado através de parâmetros físicos de solo e observação da arquitetura do sistema radicular da cultura de milho (*Zea mays*). A semeadora equipada com elemento rompedor de solo tipo facão de ação profunda promoveu mitigação da compactação do solo, evidenciada pelos parâmetros físicos de solo e pela arquitetura do sistema radicular das plantas de milho.

Palavras-Chave: manejo de solo; compactação de solo; resistência do solo à tração.

INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD), introduzido no Brasil, no fim dos anos 1960, como um simples método de preparo de solo (Borges, 1993), a partir da década de 1980, passou a ser conceituado como um complexo de processos tecnológicos destinados à exploração agropecuária, contemplando mobilização de solo apenas na linha de semeadura, manutenção permanente da cobertura de solo e diversificação de espécies, via rotação de culturas (Kochhann e Denardin, 2000). No início dos anos 2000, foi incorporado a esse conceito o processo colher-semear, que corresponde à redução ou supressão do intervalo entre colheitas e semeaduras, mediante intensificação da rotação e/ou consorciação de culturas (Denardin, 2009). É essa interação de processos tecnológicos que é indicada para a adoção plena do SPD e que apresenta potencial

para imprimir caráter de sustentabilidade aos sistemas agrícolas produtivos.

Contudo, após cerca de 70 safras agrícolas, desde a introdução do SPD na região de clima subtropical úmido do Brasil, observa-se que esse complexo de processos tecnológicos não vem sendo integralmente adotado. Dentre as falhas evidencia-se o uso de semeadoras equipadas exclusivamente com discos, como elementos rompedores de solo (Denardin et al., 2008a). Em decorrência, denotam-se, como problemas de frequência comprometedora à estabilidade da produção agrícola, degradação física do solo, concentração de raízes na camada superficial do solo e prematura expressão de déficit hídrico, por ocasião de pequenas estiagens (Denardin et al., 2008a; 2008b).

Desses problemas, a compactação de solo é o mais evidente (Secco, 1994; Denardin et al., 2008a), sendo apontado como limitante à produtividade de sistemas agrícolas produtivos (Torres e Saraiva, 1999; Richart et al., 2005) e à própria manutenção do SPD como ferramenta da agricultura conservacionista (Denardin, 2009), ao afetar a taxa de infiltração de água e a capacidade de retenção de água no solo e a aeração do solo, com efeitos deletérios ao pleno desenvolvimento das culturas (Denardin, 1992; Barcelos et al., 1999), além de limitar a disponibilidade de nutrientes às plantas e o desenvolvimento radicular das culturas (Gill e Berg, 1967). Considerando que o SPD, na região subtropical úmida do Brasil, ocupa, na atualidade, cerca de 10 milhões de hectares, o problema expresso assume relevância, tornando-se ameaça à sustentabilidade da agricultura.

Como solução para a descompactação do solo tem sido preconizada a escarificação do solo associada ao cultivo de plantas caracterizadas por elevado aporte de fitomassa ao solo (Kochhann et al., 2000). Contudo, Da Rosa et al. (2008) constataram que a demanda de esforço de tração requerida por uma haste sulcadora de semeadora aumenta com o tempo transcorrido após a escarificação do solo, não sendo mais perceptível a partir do segundo ano. Nesse sentido, Bortolotto et al. (2006) encontraram, em Latossolo Vermelho distrófico argiloso, sob SPD, esforço de tração equivalente a 2,34 kN, com velocidade de deslocamento de 4,74 km/h. Em Argissolo Vermelho distrófico, também sob SPD a partir de campo nativo, Cepik et al. (2005) encontraram valores menores, da ordem de 1,15 kN, com velocidade de deslocamento de 4,5 km/h. Em Nitossolo Vermelho, Mahl et al. (2004) constataram que os benefícios da escarificação do solo, avaliados através da força de tração, cessaram aos 18 meses.

Considerando que mobilizações de solo dessa natureza contrapõem-se ao princípio fundamental do SPD e que as

espécies vegetais, normalmente cultivadas com a finalidade de auxiliar na mitigação da compactação do solo, não aportam fitomassa em quantidade compatível com o volume de solo mobilizado, evidenciando a necessidade de inovação tecnológica associada ao processo de semeadura.

O uso de semeadoras equipadas exclusivamente com discos, justificado pelo maior rendimento e praticidade operacionais em relação às semeadoras equipadas com facões, sem dúvida, não mitiga a compactação do solo e pode agravar o problema (Richart et al., 2005).

Com base nessas constatações, formulou-se a hipótese de que semeadora equipada com elemento rompedor de solo tipo facão, projetado para atuar em profundidade, promove mitigação da compactação do solo. Para testar essa hipótese, implementou-se este estudo que compara semeadora equipada com elemento rompedor de solo tipo facão de ação profunda, com semeadora equipada com discos duplos desencontrados.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um Latossolo Vermelho distrófico típico, em área de lavoura manejada sob SPD há 96 meses, localizada no município de Coxilha, RS. A região, segundo a classificação de Köppen, é enquadrada como zona Cfa, de clima subtropical úmido, com precipitação pluviométrica mínima de 60 mm mensais, distribuída ao longo de todos os meses do ano (Nimer, 1989).

O ensaio, instalado em 2001, com duração de seis anos, teve delineamento experimental de blocos ao acaso, com dois tratamentos e seis repetições.

Os tratamentos, implementados em parcelas com 72 m² (6 x 12 m), constaram de: semeadora equipada com facões, como elemento destinado ao rompimento de solo e deposição de fertilizante na linha de semeadura, associado a discos duplos desencontrados para a deposição de sementes; e semeadora equipada exclusivamente com discos duplos desencontrados, tanto para rompimento de solo e deposição de fertilizante, como para deposição de sementes na linha de semeadura. Os facões foram regulados para operar a 12 cm de profundidade e os discos duplos desencontrados a 5 cm de profundidade.

As espécies cultivadas no período de condução do ensaio, seguiram o seguinte modelo de produção: trigo (*Triticum aestivum* (L.))/soja (*Glycine max* (L.)); ervilhaca (*Vicia sativa* (L.))/milho (*Zea mays* (L.)); aveia branca (*Avena sativa* (L.))/soja; aveia preta (*Avena strigosa* (L.))/milho; trigo/soja; nabo forrageiro (*Raphanus sativus* (L.))/milho.

A semeadora equipada com facões foi empregada apenas para a semeadura das culturas das safras de verão.

Os tratamentos culturais adotados seguiram as indicações específicas para cada cultura do modelo de produção.

A caracterização física do solo da área experimental, no início do ensaio, em 2001, e ao término do ensaio, em 2007, contemplou análises físicas de solo, envolvendo densidade, porosidade total e micro e macroporosidade do solo, determinadas em amostras coletadas com anéis volumétricos nas camadas de 0-5 cm e 10-15 cm de profundidade, seguindo os métodos descritos em Oliveira (1979). A amostragem de solo, em 2007, foi realizada na linha de semeadura de milho, três meses após a

colheita. O esforço de tração demandado por uma haste sulcadora de semeadora foi avaliado, em 2007, com auxílio de um anel octogonal dinamométrico. O equipamento, instalado entre o carro porta-ferramenta e a haste sulcadora, foi configurado para a aquisição de 22 dados por segundo (20 Hz). A haste sulcadora, com 1,2 cm de espessura, foi ajustada para atuar a 10 cm de profundidade e o trator motriz à velocidade de 3,2 km/h. A avaliação do esforço de tração foi realizada perpendicularmente às linhas de semeadura das parcelas experimentais.

O sistema radicular da cultura de milho, espécie eleita para indicar o estado morfológico das raízes, foi avaliado mediante o método “placa-de-pregos” (Böhm, 1979), com pregos equidistantes de 2,5 cm. Para a coleta das raízes, a “placa-de-pregos” foi centralizada na linha de semeadura, amostrando-se uma planta por tratamento e por repetição. Assim, cada “placa-de-pregos” retinha um monólito de solo + raízes, medindo 30 cm de largura, 20 cm de profundidade e 7 cm de espessura. No laboratório, os monólitos foram dispersos e as raízes lavadas, secas e fotografadas.

Os parâmetros avaliados em 2007 foram submetidos à análise de variância e comparação entre médias pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização física do solo antes do início do ensaio indicou presença de solo compactado nas duas camadas amostradas, 0-5 cm e 10-15 cm de profundidade (Tabela 1), confirmando o problema de degradação física do solo decorrente da adoção apenas parcial do complexo de processos tecnológicos preconizados para a condução do SPD. Esses dados físicos de solo, com ênfase para a densidade do solo, evidenciavam limitações ao pleno desenvolvimento radicular das plantas. Para solos pertencentes ao grande grupo Latossolo, de textura argilosa, valores de densidade do solo em torno de 1,4 Mg/m³ e macroporosidade inferior a 0,10 m³/m³ (De Maria et al., 1999; Torres e Saraiva, 1999) sinalizam degradação estrutural do solo que podem contribuir e agravar perdas de rendimento de culturas diante de adversidades climáticas decorrentes de estiagens.

Os dados relativos ao esforço de tração, proporcionados pelo solo submetido aos dois tratamentos, evidenciaram que o tratamento semeadora equipada com facões de ação profunda gerou valores estatisticamente inferiores ao tratamento semeadora equipada com discos desencontrados, ou seja, 1,32 kN contra 1,56 kN, respectivamente. Esses valores apresentaram amplitude similar àqueles observados por Cepik et al. (2005) e Bortolotto et al. (2006).

O menor valor de esforço de tração observado no tratamento semeadora equipada com facões de ação profunda sustenta a hipótese de que o emprego de elementos rompedores de solo, tipo facão projetado para atuar junto à camada compactada, promove mitigação da compactação do solo.

Os resultados de esforço de tração foram reproduzidos no comportamento do sistema radicular da cultura de milho (Figura 1). É notório que, no tratamento semeadora equipada com facões de ação profunda, o desenvolvimento radicular da cultura de milho é mais abundante e mais profundo do que no tratamento semeadora equipada com discos duplos desencontrados. Essa observação confirma o efeito favorável do elemento rompedor de solo tipo facão de ação profunda no

desenvolvimento radicular das plantas, em relação ao elemento rompedor de solo tipo discos duplos desencontrados.

As propriedades físicas do solo denotam, claramente, que a condução do SPD em conformidade à plenitude dos processos tecnológicos preconizados, com ênfase para a rotação de culturas, promoveu sensível melhoria nas condições físicas da camada de 0-5 cm de profundidade em relação à avaliação inicial em 2001 (tabelas 1 e 2). Os valores de todos os parâmetros físicos analisados na camada de 10-15 cm de profundidade continuaram críticos quando comparados aos da avaliação inicial. Esses resultados comprovam a presença de compactação na camada subsuperficial do solo e indicam que o esforço de tração constitui ferramenta sensível para detectar as variações induzidas pelo tipo de elemento rompedor de solo que equipa as semeadoras. Em adição, confirmam a existência do problema de compactação do solo que vem sendo constatado em escala de lavoura, na região de abrangência do estudo (Denardin et al., 2008a; 2008b).

Os resultados obtidos solidificam a hipótese de que o emprego de elementos rompedores de solo, em semeadoras para plantio direto, com potencial para atuar junto à camada compactada, promove mitigação da compactação do solo.

CONCLUSÕES

Semeadora equipada com elemento rompedor de solo tipo facão, projetado para atuar em profundidade, junto à camada compactada, promove mitigação da compactação do solo.

REFERÊNCIAS

- BARCELOS, A.A., CASSOL, E.A., DENARDIN, J.E. Infiltração de água em um Latossolo Vermelhoescuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 35-43, 1999.
- BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer, 1979. 188 p.
- BORGES, G. de O. Resumo histórico do plantio direto no Brasil. In: **PLANTIO direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. 166 p. Editado por: EMBRAPA-CNPT, FUNDACEP-FECOTRIGO, Fundação ABC. p. 13-17.
- BORTOLOTO, V.C.; PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTO, M.C. Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de deslocamento e coberturas do solo. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 26, p. 122-130, 2006.
- CEPIK, C.T. C.; TREIN, C.R.; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 25, p. 447-457, 2005.
- DA ROSA, D.P.; REICHERT, J.R.; SATTTLER, A.; REINERT, D.J.; MENTGES, M.I.; VIEIRA, D.A. Relação entre solo e haste sulcadora de semeadora em Latossolo escarificado em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 395-400, 2008.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 703-709, 1999.
- DENARDIN, J.E. Mecanização do sistema plantio direto para emergência de fertilidade no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: CONBEA, 2009. 7 p. 1 CD ROM.
- DENARDIN, J.E. Solo: constituição e degradação. In: MARCANTONIO, G. (Org.). **Solos e irrigação**. Porto Alegre: UFRGS: FEDERACITE, 1992. p.13-28.
- DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A.; SANTI, A. Falhas na implementação do sistema plantio direto levam à degradação do solo. **Boletim Informativo Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha**, Ponta Grossa, v. 34, p. 5, out./dez. 2008a.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; FAGANELLO, A.; SATTTLER, A.; MANHAGO, D.D. "Vertical mulching" como prática conservacionista para manejo de enxurrada em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 2847-2852, 2008b. Número especial.
- GILL, W.R.; BERG, G.E.V. **Soil dynamics in tillage and traction**. Washington: United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1967. 511 p.
- KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 20).
- KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E.; BERTON, A.L. **Compactação e descompactação de solos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 20 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 20).
- MAHL, D.; GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, A.R.B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1989. 442 p.
- OLIVEIRA, L.B. de (Coord.). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPASNLCS, 1979. Não paginado.
- RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; RODRIGUES, B.O.; LLANILLO, R.F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.
- SECCO, D. **Eficiência e efeito residual de escarificadores em Latossolo Vermelho-escuro sob plantio direto**. 1994. 60 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 23).

Tabela 1. Atributos físicos do solo manejado sob sistema plantio direto, avaliados em 2001, antes da instalação do ensaio, em um Latossolo Vermelho distrófico típico, em área localizada no município de Coxilha, RS.

Camada (cm)	Densidade do solo (Mg/m ³)	Porosidade total (m ³ /m ³)	Microporosidade (m ³ /m ³)	Macroporosidade (m ³ /m ³)
0-5	1,37	0,49	0,38	0,11
10-15	1,35	0,50	0,38	0,07

Tabela 2. Atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto, avaliados em 2007, ao término do ensaio instalado, em um Latossolo Vermelho distrófico típico, em área localizada no município de Coxilha, RS.

Tratamento	Camada (cm)	Densidade do solo (Mg/m ³)	Porosidade total (m ³ /m ³)	Microporosidade (m ³ /m ³)	Macroporosidade (m ³ /m ³)
Semeadora equipada com facões	0-5	1,09 Bb	0,54 Aa	0,39 Ab	0,15 Aa
	10-15	1,33 Aa	0,46 Ba	0,40 Aa	0,07 Ba
Semeadora equipada com discos duplos	0-5	1,15 Ba	0,52 Aa	0,41 Aa	0,12 Aa
	10-15	1,36 Aa	0,46 Ba	0,39 Aa	0,07 Ba

Obs.: Médias seguidas por letras maiúsculas comparam camadas diferentes dentro do mesmo tratamento, e médias seguidas por letras minúsculas comparam camadas iguais entre os tratamentos, através do teste de Tukey ao nível de 5% de erro.

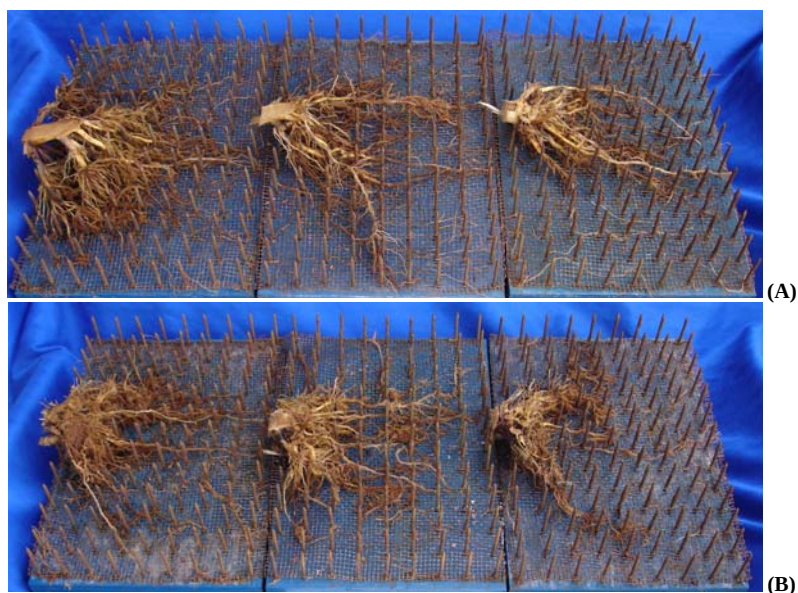


Figura 1. Raízes de plantas de milho, coletadas em monólitos de solo com placas-de-prego equidistantes em 2,5 cm, relativas aos tratamentos semeadora equipada com facões (A) e semeadora equipada com discos duplos desencontrados (B), em ensaio instalado em Latossolo Vermelho distrófico típico, em área localizada no município de Coxilha, RS.