



## Manejo de solo e de culturas e sua influência sobre a resistência do solo à penetração e rendimento das culturas comerciais<sup>(1)</sup>.

**Madalena Boeni<sup>(2)</sup>; Dinis Deuschle<sup>(3)</sup>; Juliano Dalcin Martins<sup>(4)</sup>; Noé Mello Salles<sup>(5)</sup>; Ricardo Bemfica Steffen<sup>(6)</sup>; Vinicius Bastos Lago<sup>(7)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Finep/CNPq.

<sup>(2)</sup> Pesquisadora; Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária; Júlio de Castilhos, RS; E-mail: madaboeni@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Mestrando do PPGCS; Universidade Federal de Santa Maria; <sup>(4)</sup> Professor; Instituto Federal do Rio Grande do Sul; <sup>(5)</sup> Técnico em Pesquisa Agropecuária; Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária; <sup>(6)</sup> Pesquisa e Desenvolvimento da Penegetic do Brasil; <sup>(7)</sup> Estudante, curso Superior de Tecnologia em Produção de Grãos; Instituto Federal Farroupilha.

**RESUMO:** A compactação altera, negativamente, várias propriedades do solo, como a capacidade de penetração das raízes e a disponibilidade de água e nutrientes às plantas, restringindo a taxa fotossintética, o crescimento radicular e da parte aérea e, por conseguinte, o rendimento das culturas. Nesse sentido, quando a compactação do solo torna-se limitante ao desenvolvimento das culturas, faz-se necessária a adoção de medidas mitigatórias, tendo em vista que o processo de intervenção mecânica poderá aliviar apenas temporariamente a compactação. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial da intervenção mecânica e da utilização de culturas de cobertura de solo durante o inverno, em reduzir a compactação do solo e em possibilitar maior desenvolvimento e rendimento das culturas comerciais. O trabalho foi conduzido no ano agrícola 2014/15, em Júlio de Castilhos, RS. Os tratamentos consistiram de duas condições de compactação do solo (compactação atual (CA) e intervenção mecânica (IM)) e de três sistemas de culturas (soja - nabo + aveia + ervilhaca/milho; soja - nabo - trigo/soja; e soja - trigo/soja, utilizado como testemunha por ser o sistema usual na região). A intervenção mecânica foi realizada em outubro de 2013, anteriormente à instalação do experimento. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições. Os resultados obtidos indicaram que a intervenção mecânica em solo sob plantio direto (manejado inadequadamente), mediante a prática de subsolagem até 30 cm de profundidade, apresentou potencial para mitigar a compactação desde que aliada a um sistema de rotação de culturas eficiente, no entanto, não alterou o rendimento de grãos das culturas comerciais no ano agrícola 2014/15.

**Termos de indexação:** manejo conservacionista, resistência à penetração.

qualidade física dos solos são fundamentais para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis.

Até meados dos anos 1980, o grande problema das lavouras produtoras de grãos do Sul do Brasil foi a erosão hídrica, decorrente do preparo convencional do solo. O revolvimento intenso do solo e a incorporação ou queima de resíduos vegetais da cultura anterior deixavam o solo exposto à ação erosiva das chuvas, acarretando grandes perdas de solo e de insumos agrícolas com contaminação e assoreamento de corpos d'água. A adoção, em larga escala, do plantio direto, a partir dessa época, minimizou esse problema. Contudo, nos últimos anos, denota-se que falhas na condução desse sistema, têm promovido retrocessos na conservação do solo e da água em grande parte das lavouras. Alguns princípios básicos desse sistema de produção, como rotação de culturas e manutenção do solo constantemente coberto, não têm sido respeitados. Mesmo em áreas, onde a erosão não se manifesta em intensidade, observa-se presença de compactação do solo, com reflexos negativos sobre a taxa de infiltração e capacidade de armazenamento de água no solo, com prejuízo ao pleno desenvolvimento de raízes e, inclusive, ocorrência de déficits hídricos às plantas, em curtos períodos sem chuva. Embora estiagens façam parte do clima do RS, em elevada frequência, nos últimos anos, a degradação física de solos manejados inadequadamente, tem sido fator de agravamento desse problema.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial da intervenção mecânica associada à utilização de culturas de cobertura de solo durante o inverno, como prática mitigadora da compactação de solo manejado sob sistema plantio direto sobre a resistência do solo à penetração e rendimento das culturas comerciais.

### INTRODUÇÃO

A compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo na recuperação, principalmente, da

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na Estação Experimental da Fepagro Sementes, em Júlio de



Castilhos-RS, durante o ano agrícola 2014/15, em área com histórico de 20 anos de manejo sem revolvimento do solo, com semeadura direta de soja no verão e trigo, aveia ou avevém espontâneo como culturas de inverno. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo da região fisiográfica do Planalto Médio do RS.

Os tratamentos consistiram de duas condições de compactação do solo (compactação atual (CA) e intervenção mecânica (IM)) e de três sistemas de culturas (soja - nabo + aveia + ervilhaca/milho; soja - nabo - trigo/soja; e soja - trigo/soja, utilizado como testemunha por ser o sistema usual na região): **T1** - sucessão soja-trigo (CA); **T2** - sucessão soja-trigo (IM); **T3** - rotação soja-nabo-trigo/soja (CA); **T4** - rotação soja-nabo-trigo/soja (IM); **T5** - rotação soja-nabo+aveia+ervilhaca/milho (CA); **T6** - rotação soja-nabo+aveia+ervilhaca/milho (IM). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições.

A intervenção mecânica foi realizada em outubro de 2013, anteriormente à implantação da cultura da soja (início do experimento), utilizando-se subsolador de sete hastas (08 x 41 cm) distanciadas a 30 cm, atuando até 30 cm de profundidade.

Nos tratamentos 5 e 6, o consórcio triplo de aveia, nabo e ervilhaca foi semeado em 12 de maio de 2014 nas densidades de 40, 40 e 6 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, respectivamente. O milho Híbrido P 1630H, cultivado em rotação nesse tratamento, foi semeado em 24 de outubro de 2014 e colhido em 16 de março de 2015. Nos tratamentos 3 e 4, com nabo na entressafra, essa espécie foi semeada em 29 de abril de 2014, em linha, na densidade de 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Já, nos tratamentos 1 e 2, com sucessão soja-trigo (testemunha), o solo foi mantido descoberto durante o período da entressafra. A cultivar de trigo Quartzo, de ciclo médio, foi semeada em 19 de junho de 2014 nos tratamentos 1, 2, 3 e 4 e a semeadura da soja cultivar Nidera Na 5909 RG, em 28 de novembro de 2014. A adubação e demais técnicas de manejo seguiram as recomendações técnicas para as culturas.

Nas culturas de cobertura de solo de inverno avaliou-se o rendimento de massa da parte aérea no estágio de pleno florescimento. A resistência do solo à penetração, por sua vez, foi avaliada no mês de setembro de 2015, diretamente no campo, utilizando-se um penetrômetro da marca Falker, modelo PLG 5300, com medições a cada cm até atingir 40 cm de profundidade, com velocidade de inserção de 2,4 cm/s e índice de cone máximo de 6.800 kPa. No momento da avaliação, foi coletado solo para determinação da umidade gravimétrica a

cada 10 cm, até a profundidade de 30 cm.

Nas culturas comerciais do trigo, soja e milho, foi avaliado o rendimento de grãos no ano agrícola 2014/15. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativo, aplicou-se o teste Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação entre médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de massa seca dos tratamentos 5 e 6, compostos pelo consórcio triplo de aveia+nabo+ervilhaca foi 34 % superior na condição de intervenção mecânica, em relação à compactação atual e de 56 %, em média, superior aos tratamentos 3 e 4, compostos por nabo na entressafra.

A umidade gravimétrica média variou de 17 a 19 % nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm de profundidade (**Tabela 1**).

**Tabela 1** - Umidade gravimétrica do solo (setembro/14). Júlio de Castilhos/RS.

Tratamento	Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 30
T1	16,0	17,6	19,6
T2	16,1	18,1	19,1
T3	15,9	18,0	19,0
T4	16,6	19,5	19,7
T5	19,0	20,1	18,3
T6	18,3	20,7	19,1
Média	17,0	19,0	19,1

**T1:** soja-trigo/soja (CA); **T2:** soja-trigo/soja (IM); **T3:** soja-nabo-trigo/soja (CA); **T4:** soja-nabo-trigo/soja (IM); **T5:** soja-nabo+aveia+ervilhaca/milho (CA); **T6:** soja-nabo+aveia+ervilhaca/milho (IM).

Para resistência do solo à penetração percebe-se incremento nos valores até aproximadamente 10 cm de profundidade (**Figura 1**). Abaixo dessa camada os resultados apresentam gradiente decrescente de resistência à penetração com o aumento da profundidade. A máxima resistência atingida foi 4057 kPa a 9-10 cm, com 16 % de umidade, na condição de compactação atual, com sucessão soja-trigo (T1). Nessa mesma profundidade de máxima resistência e condição de compactação, os valores chegam a 3727 e 2185 kPa para os tratamentos em rotação com nabo (T3) e com nabo+aveia+ervilhaca (T5), respectivamente. Isso demonstra o efeito das culturas de cobertura na recuperação do solo. O que, conforme caracterizado por Sá (2002), nos primeiros cinco anos de SPD (fase inicial), ocorre o re-estabelecimento da biomassa microbiana e rearranjo da estrutura do solo. Já, para os tratamentos com intervenção mecânica, o pico máximo de resistência em torno de 10 cm de profundidade foi de 2459, 2537 e 1268



kPa para T2, T4 e T6, respectivamente. Aos 20 cm a resistência reduziu em torno de 1000 kPa, o que indica que os efeitos oriundos da subsolagem permaneceram até 1 ano após a intervenção. Aos 40 cm a resistência é semelhante à subsuperfície, com exceção do T6.

É notório o efeito do fluxo contínuo de carbono nos tratamentos com rotação de culturas que utilizam espécies de cobertura de solo com elevado potencial de produção de biomassa radicular e aérea, tanto na condição de compactação atual da área (T5), onde se observa apenas o efeito de plantas, como na condição de intervenção mecânica (T6), somado ao efeito de plantas na redução da resistência do solo à penetração. Nesses tratamentos a resistência reduz pela metade, comparativamente aos tratamentos em que o solo permanece descoberto na entressafra, para as mesmas condições de compactação.

Os distintos manejos de solo e culturas em área de plantio direto consolidado, não alteraram o rendimento das culturas comerciais no primeiro ano de cultivo (**Tabela 2**). No entanto, esse plantio direto consolidado preconizava apenas a prática do mínimo revolvimento do solo, através da semeadura direta, desconsiderando todos os demais requisitos para um sistema conservacionista de manejo do solo.

**Tabela 2** - Rendimento de grãos das culturas do trigo, soja e milho, ano agrícola 2014/15. Júlio de Castilhos/RS.

Treatment	Wheat	Soybean	Corn
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
<b>T1</b>	881 a <sup>1</sup>	3.416 a	
<b>T2</b>	975 a	3.443 a	
<b>T3</b>	672 a	3.352 a	
<b>T4</b>	752 a	3.407 a	
<b>T5</b>			8.523 a
<b>T6</b>			8.495 a
CV <sup>2</sup> (%)	24,5	3,75	14,1

**T1:** soja-trigo/soja (CA); **T2:** soja-trigo/soja (IM); **T3:** soja-nabo-trigo/soja (CA); **T4:** soja-nabo-trigo/soja (IM); **T5:** soja-nabo+aveia+ervilhaca/milho (CA); **T6:** soja-nabo+aveia+ervilhaca/milho (IM). <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05); <sup>2</sup>Coefficiente de variação.

O plantio direto é visto como um sistema de produção que abrange um complexo ordenado de práticas agrícolas inter-relacionadas e inter-dependentes, que incluem, além do não revolvimento do solo, a rotação de culturas e o uso de plantas de cobertura para formar e manter a palhada sobre o solo (Muzzilli, 2000). Como resultado, ocorre, nesse sistema, um fluxo contínuo

de carbono para o solo, alimentando as frações lábeis e recalcitrantes do material orgânico e os processos de (re)agregação do solo, originando estruturas mais estáveis, conforme caracterizado por Sá (2002), resultando em rearranjo estrutural, como um todo.

O rendimento também está associado ao fator climático. A ausência de diferenças entre os tratamentos deste estudo pode estar associada à distribuição do regime pluviométrico na região durante todo o ciclo de cultivo das culturas comerciais (SINDA, 2015). Assim, condições climáticas ideais podem ter minimizado os efeitos dos distintos manejos. Com isso, o sistema radicular das culturas pode ter obtido água e nutrientes em quantidade satisfatória na camada superficial do solo, descompactada, proporcionando bons rendimentos mesmo em locais com presença de camadas subsuperficiais compactadas (**Figura 1**).

## CONCLUSÕES

Na condição de compactação atual com sucessão soja-trigo, a resistência do solo à penetração atingiu o valor máximo entre todos os tratamentos na camada subsuperficial, a 9 cm de profundidade.

O uso de espécies de cobertura de solo com elevado potencial de produção de biomassa radicular e aérea reduz pela metade a resistência do solo à penetração, chegando a valores próximos ou abaixo do considerado crítico ao desenvolvimento radicular.

A intervenção mecânica, mediante a prática de subsolagem até 30 cm de profundidade, apresenta potencial para mitigar a compactação desde que aliada a um sistema de rotação de culturas eficiente, porém, não há evidências de que sua utilização resulte em aumento no rendimento de grãos no primeiro ano de utilização.

## REFERÊNCIAS

- BATEY, T. Soil compaction and soil management - a review. *Soil Use Manage*, 2009. p.335-345.
- MUZILLI, O. O uso dos solos na Mata Araucária. In: ARAÚJO Q. R. ed. 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus: Editus, 2002. p.435-445.
- SÁ, J. C. M. Curso de Atualização Técnica em Fertilidade do Solo em Plantio Direto. Ponta Grossa: UEPG, 2001. CD-ROM).
- SISTEMA INTEGRADO DE DADOS AMBIENTAIS. Dados históricos. Acesso em: 06 maio 2015. Disponível em: <sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>.

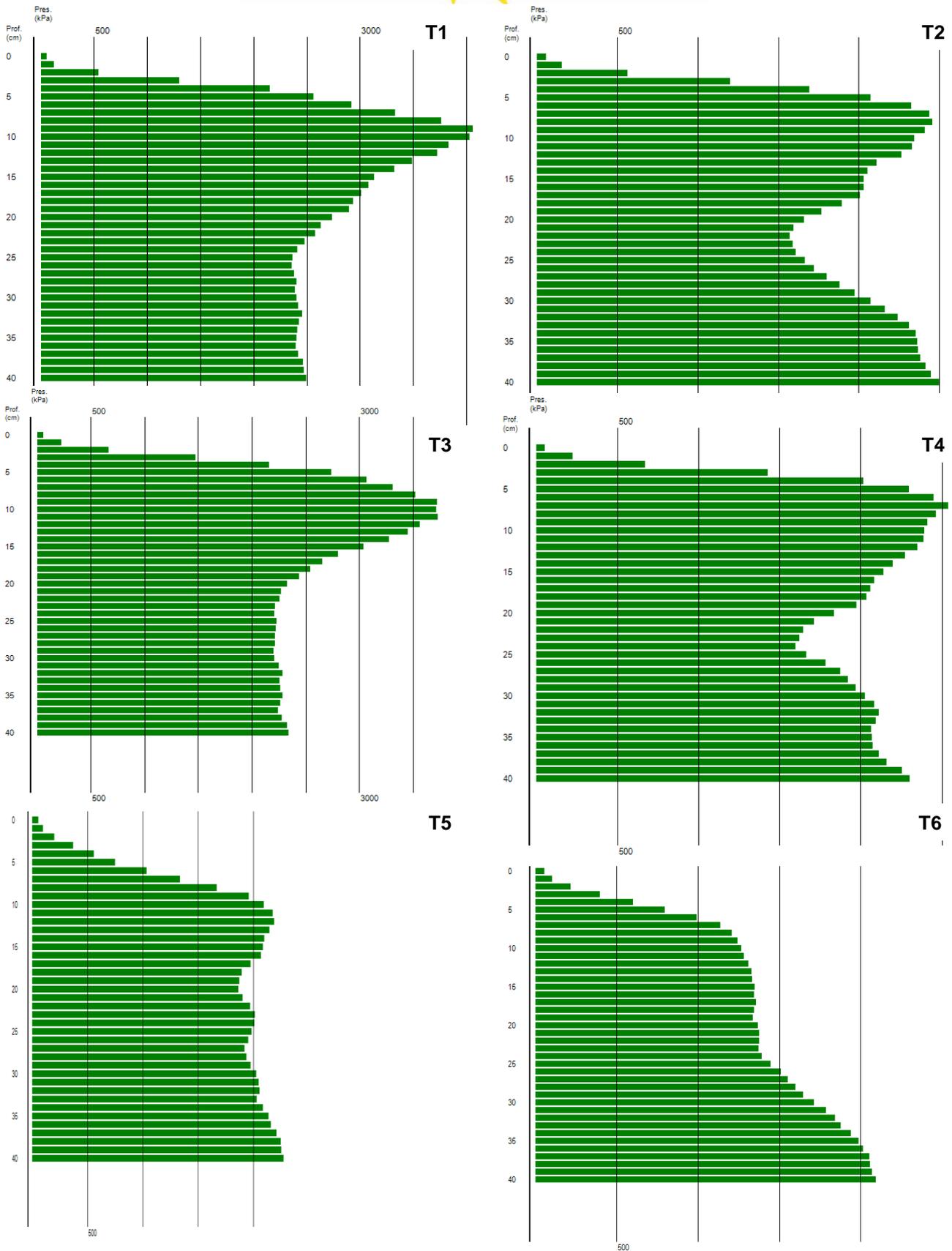


Figura 1 - Resistência do solo à penetração, setembro de 2014.

T1: soja-trigo/soja (CA); T2: soja-trigo/soja (IM); T3: soja-nabo-trigo/soja (CA); T4: soja-nabo-trigo/soja (IM); T5: soja-nabo+aveia+ervilhaca/milho (CA); T6: soja-nabo+aveia+ervilhaca/milho (IM).