

EFEITO DA CONSORCIAÇÃO MILHO-BRAQUIÁRIA (*Brachiaria brizantha*) NA MITIGAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

JOSÉ ELOIR DENARDIN⁽¹⁾, RAINOLDO ALBERTO KOCHHANN⁽²⁾,
ANDERSON SANTI⁽¹⁾ & ANTÔNIO FAGANELLO⁽¹⁾

RESUMO - Na região subtropical úmida do Brasil, a distribuição anual da chuva impõe propensão à degradação estrutural do solo, em razão da frequência com que o solo, sob sistema plantio direto, se mantém com umidade acima do ponto de friabilidade. Na atualidade, frustrações de safras, por déficit hídrico, vem se tornando frequentes, em razão da degradação física da camada subsuperficial do solo (compactação do solo), resultante de falhas na adoção desse sistema. Práticas vegetativas são cogitadas para mitigar o problema. Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito da consorciação milho+braquiária (*Brachiaria brizantha*) sobre a mitigação da compactação do solo. O ensaio, em dois tratamentos, milho solteiro e milho+braquiária, quatro repetições e três safras agrícolas, foi conduzido em Latossolo Vermelho Escuro distrófico, textura argilosa, em Coxilha, RS. Avaliou-se atributos físicos e químicos do solo, massa de raízes e rendimento de grãos do milho e fitomassa da braquiária. O resultado gerado infere que a consorciação milho+braquiária, embora tenha aumentado a massa de raízes aportada ao solo, não foi eficaz na mitigação da compactação do solo.

Palavras-Chave: (agricultura conservacionista; plantio direto; biomassa; raízes)

Introdução

A região subtropical úmida do Brasil, caracterizada pela distribuição de chuvas ao longo de todos os meses do ano [16], impõe ao solo agrícola propensão à degradação estrutural, em razão da frequência com que o solo sob sistema plantio direto (SPD) se mantém com umidade acima do ponto de friabilidade.

Na atualidade, o SPD é o manejo conservacionista de solo e de culturas em maior adoção no País, com cerca de 25 milhões de hectares [11]. Na região subtropical úmida do Brasil a área estimada é de 9,8 milhões de hectares.

O SPD, introduzido no Brasil como simples método alternativo de preparo de solo, a partir dos anos 1980, passou a ser conceituado como um complexo de tecnologias destinado à exploração de sistemas agrícolas produtivos, contemplando mobilização de solo apenas na linha de semeadura, manutenção permanente da cobertura do solo e diversificação de espécies, via rotação de culturas. No início dos anos 2000, foi incorporado a esse conceito o processo colher-semear, que visa minimizar o intervalo entre colheita e semeadura [8].

Após cerca de 30 anos da introdução do SPD no Brasil, falhas na adoção denotam, como problema de

frequência comprometedora à estabilidade da produção agrícola, frustrações de safras, motivadas por déficit hídrico. Esse problema está associado à acentuada estratificação química e física dos primeiros 20 cm do perfil de solo. Essa estratificação é expressa, na camada superficial, pela concentração de nutrientes e condição física favorável ao desenvolvimento de raízes, e, na camada subsuperficial, pela degradação da estrutura do solo, expressa por elevada densidade do solo, reduzida permeabilidade do solo ao ar e à água e elevada resistência do solo à penetração [4]. A associação desses fatores certamente tem sido causa de concentração de raízes na camada superficial do solo, onde o estresse hídrico se manifesta. Nesse sentido, Stone et al. [19] relatam que alterações dessa natureza são frequentes em solos manejados sob SPD.

As técnicas escarificação e subsolagem, comumente usadas para mitigar compactação de solo, embora apresentem potencial para reduzir a densidade do solo e elevar a macroporosidade e a taxa de infiltração de água no solo, são de efeito efêmero, inferior ao período de uma safra agrícola [3]. Em adição, por mobilizarem solo, contrapõem-se aos fundamentos do SPD, demandando inovações tecnológicas para a solução do problema.

Com base no postulado de que a frequência, a quantidade e a qualidade do material orgânico aportado ao solo constituem fatores preponderantes à melhoria estrutural do solo [5,9], ações de pesquisa, direcionadas à mitigação da compactação do solo, tem sido focadas no desenvolvimento de práticas vegetativas [15]. Portanto, o ajuste de tecnologias para recuperação estrutural do solo está associado ao arranjo temporal e espacial das espécies cultivadas e à valorização do processo colher-semear.

Nesse contexto, destaque é dado ao Sistema Santa Fé [14], estruturado por rotação e consorciação de culturas anuais e semiperenes [soja (*Glycine max* (L.))/milho (*Zea mays*) safrinha + pastagem (*Brachiaria* sp.)], desenvolvido para a região tropical do Brasil. Esse sistema institui o processo colher-semear, suprimindo períodos de entressafra, mantém o solo permanentemente coberto, mantém permanente aporte de material orgânico ao solo, mesmo no período de déficit hídrico, e gera benefícios de natureza econômica, decorrentes da integração lavoura-pecuária. Os resultados gerados pelo Sistema Santa Fé inferem que a braquiária constitui opção de destaque entre as espécies com potencial para promover melhorias à estrutura do solo, em razão da quantidade, qualidade e distribuição de raízes que adiciona ao solo [12, 2007], satisfatória tolerância à compactação do solo [17], além de não interferir no rendimento de grãos de milho [6].

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do consórcio milho-braquiária (*Brachiaria brizantha*) na atenuação da compactação do solo, mediante avaliação de atributos físicos e

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

⁽²⁾ Pesquisador Embrapa Trigo, aposentado, Passo Fundo, RS. E-mail: rainoldoak@gmail.com

químicos de solo e desenvolvimento radicular de milho+braquiária, bem como, na rentabilidade de grãos de milho e fitomassa da parte aérea da braquiária.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Trigo, em Coxilha, RS, em Latossolo Vermelho Escuro distrófico, textura argilosa, manejado sob SPD desde 1982. O clima da região é subtropical úmido, com chuvas distribuídas ao longo de todos os meses do ano [16].

Os ensaios, instalados no mês de novembro de 2005, 2006 e 2007, continham dois tratamentos (milho solteiro e milho+braquiária) e quatro repetições. Nas três safras, o milho semeado foi o híbrido 32R21, da Pioneer, de ciclo superprecoce, e a braquiária semeada foi a cultivar Arapoti da espécie *Brachiaria brizantha*. Em ambos os tratamentos, o milho foi semeado com 90 cm entre linhas, tendo na consorciação uma linha de braquiária no centro de cada entrelinha de milho. A semeadura foi realizada com semeadora para plantio direto. A profundidade de semeadura da braquiária foi de 4 a 5 cm com o objetivo de retardar a emergência das plântulas em cerca de 30 a 40 dias em relação à das plântulas de milho e, assim, permitir o manejo de plantas daninhas e prevenir possível efeito deletério da braquiária sobre o milho, seguindo indicações de [14] para o Sistema Santa Fé. A adubação de base foi realizada apenas nas linhas de semeadura de milho com a adição de 256 kg ha⁻¹ da fórmula N-P-K 5-25-25. A adubação nitrogenada em cobertura foi efetuada a lanço, em todos os tratamentos, na dose de 250 kg ha⁻¹ de uréia, nos estádios V4 e V8 da cultura do milho. O manejo das plantas daninhas foi efetuado mediante o uso do herbicida Extrazim, na dose de 1 L ha⁻¹. O controle de pragas foi realizado em conformidade às indicações técnicas da cultura de milho.

A amostragem de raízes, nos dois tratamentos, foi realizada apenas em fevereiro de 2007 (estádio de florescimento do milho - VT), em camadas homogêneas (0 a 5, 5 a 22 e 22 a 30 cm de profundidade), seguindo a técnica do Perfil Cultural [1]. Em trincheiras, abertas perpendicularmente à linha central da unidade experimental, foram coletados monólitos de cada camada homogênea, com as dimensões de 90 cm de largura por 10 cm de espessura, tendo a linha de milho posicionada no centro do monólito. A extração das raízes dos monólitos foi efetuada por dispersão do solo com hexametáfosfato de sódio a 6% e lavagem da massa de solo e raízes sobre peneira de malha de 1 mm. Após a extração, as raízes foram secas em estufa a 40 °C e pesadas.

O rendimento de grãos de milho foi determinado mediante a colheita de uma área de 8,1 m², formada por 3 m lineares das três linhas centrais de cada unidade experimental. O rendimento de fitomassa aérea da braquiária foi determinado na mesma época da colheita de milho em uma área de 2,7 m², formada por 1 m linear das três linhas centrais de cada unidade experimental.

O solo, para as análises químicas e físicas do solo, foi amostrado em abril de 2007, imediatamente após a colheita de milho, em camadas homogêneas (0 a 5, 5 a 22 e 22 a 30

cm de profundidade), definidas pela técnica do Perfil Cultural [1].

Os atributos químicos do solo, seguindo os métodos descritos por Tedesco et al. [20], foram: pH, fósforo disponível, potássio, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis e matéria orgânica. Os atributos físicos do solo, seguindo os métodos descritos em Embrapa [10], foram: densidade do solo e porosidade total e macro e microporosidade do solo.

Os dados foram submetidos à análise de variância seguida pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

As tabelas 1 e 2 expõem dados de massa de raízes de milho solteiro e milho consorciado com braquiária e de atributos químicos e físicos do solo nas camadas amostradas.

A massa de raízes diferiu entre os tratamentos, apenas na camada 0 a 5 cm de profundidade (Tabela 1). Nessa camada, a massa de raízes do tratamento milho+braquiária foi 61% superior a do tratamento milho solteiro, indicando a contribuição da braquiária na massa total de raízes.

Independentemente do tratamento, 89% das raízes concentraram-se na camada 0 a 5 cm de profundidade, sendo estatisticamente superior as demais (Tabela 1) e inferindo que, tanto as raízes de milho, como de braquiária, tiveram restrição de crescimento nas demais camadas. Causas dessa restrição podem ser atribuídas à estrutura do solo, pois, pH, alumínio, cálcio, magnésio trocáveis e fósforo não se mostraram diferentes entre as camadas (Tabela 2). Embora potássio tenha apresentado diferença entre as camadas 0 a 5 e 5 a 22 cm, o teor presente nestas camadas é superior ao nível crítico [18], não inferindo, portanto, restrição ao crescimento radicular. A matéria orgânica, ao diminuir com a profundidade, parece ser muito mais resultante da distribuição de raízes ao longo do tempo nestas camadas, do que causa de restrição ao desenvolvimento radicular das espécies avaliadas.

Dentre os atributos físicos limitantes ao crescimento das raízes de milho e braquiária, destacam-se: densidade do solo que, na camada 5 a 22 cm, foi 28% superior a da camada 0 a 5 cm; e porosidade total e macroporosidade que, na camada 5 a 22 cm, foram, respectivamente, 20 e 62% menores do que na camada 0 a 5 cm. A magnitude desses atributos denota, independentemente dos tratamentos, degradação do solo na camada de 5 a 22 cm, quando equiparada as demais camadas. Esses atributos, similarmente ao observado com a distribuição da massa de raízes, evidenciam nítida estratificação estrutural do solo.

Considerando que os macroporos interferem na resistência do solo à penetração de raízes e que o valor crítico para esse atributo é da ordem de 0,10 m³ m⁻³ [21], os dados gerados demonstram que apenas a camada 0 a 5 cm de profundidade não apresentou restrições ao crescimento de raízes. A interpretação desses resultados sugere que a resistência do solo à penetração de raízes na camada 5 a 22 cm impediu a manifestação dos efeitos esperados sobre a estrutura do solo em decorrência do maior aporte de fitomassa, conforme preconizado por Denardin et al. [9] e Conceição et al. [5].

Na Tabela 3 estão expostos os dados de rendimento de grãos de milho solteiro, milho consorciado com braquiária e fitomassa da parte aérea da braquiária, nas safras agrícolas 2005/06, 2006/07 e 2007/08, evidenciando ausência de

diferença entre os tratamentos. A variação de rendimento observada entre as safras, provavelmente decorreu da oscilação da quantidade e distribuição pluvial. Enquanto na safra 2005/06 choveu 628,3 mm, com déficit hídrico em dezembro, e na safra 2007/08 767,9 mm, com déficit hídrico em janeiro, na safra 2006/07 choveu 1.004,4 mm, com valores mensais nunca inferiores a 106 mm. Resultados semelhantes foram obtidos por Borghi & Crusciol [2,7] que, em duas safras, não observaram diferença no rendimento de grãos de milho consorciado com braquiária. Embora o rendimento de fitomassa de braquiária tenha sido relativamente baixo, é similar aos obtidos por Jakelaitis et al. [13] e Ceccon [6].

Os resultados obtidos sugerem que, embora a consorciação milho-braquiária tenha contribuído para incrementar o aporte de fitomassa ao solo e não interferir no rendimento de grãos de milho, este tratamento não resultou em melhoria estrutural do solo, expressa por densidade e porosidade do solo, possivelmente em razão da restrição física do ao desenvolvimento de raízes na camada 5 a 22 cm de profundidade.

Conclusões

A consorciação milho-braquiária não foi eficaz, como prática vegetativa, para mitigar a compactação do solo.

Referências

- [1] BLANCANEAU, P.; FREITAS, P.L.; AMÁBILE, R.F. Sistematização e adaptação da metodologia para caracterização do perfil cultural. In: Reunião técnica sobre a metodologia do perfil cultural, Londrina, 1991. Trabalhos apresentados. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2a. ver. 28p. 1995.
- [2] BORCHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.163-171, 2007.
- [3] BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; FREDERICK, J.R. Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. **Soil Tillage Research**, 68:49-57, 2002.
- [4] CAMARGO, O. A. de; ALLEONI, L. R. F. **Efeitos da compactação no crescimento de plantas**. 2006b. Disponível em: <http://www.infobios.com/Artigos/2006_2/C5/Index.htm>. Acesso em: 25 Ago. 2006.
- [5] CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 777-788, 2005.
- [6] CECCON, G. **Milho safrinha com braquiária em consórcio**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 7 p. html. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico online, 140). Disponível em: <http://www.atrpr.com/planilhas/artigos/comunicado_tecnico_consortio_milho_safrinha_braquiaria_2008.pdf>. Acesso em: 19 Out. 2008.
- [7] CRUSCIOL, C. A. C.; CALONEGO, J.C.; BORCHI, E. Atributos físicos e físico-hídricos do solo com o cultivo de milho solteiro ou consorciado com braquiária. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Gramado, 2007. **Resumos...** Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. (CD-ROM).
- [8] DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; BACALTCHUK, B.; SATTLER, A.; DENARDIN, N. D'A.; FAGANELLO, A.; WIETHÖLTER, S. Sistema plantio direto: fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. da, ed. *téc. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas*. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. p. 1251-1273, cap. 1, parte 15, v. 1.
- [9] DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, N.D. Considerações sobre adensamento e compactação em manejo de Latossolos. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. Anais. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p. 317-325.
- [10] EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço nacional de levantamento e conservação do solo. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro. 1979.
- [11] FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/>. Acesso em: 08 Abr. 2008.
- [12] FONSECA, G.C.; CARNEIRO, M.A.; COSTA, A.R.; OLIVEIRA, G.C.; BALBINO, L.C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho Distrófico de Cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.22-30, 2007.
- [13] JAKELAITIS, A.; SILVA, A.F.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, F.C.L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.
- [14] KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (ed.), *Integração Lavoura-Pecuária*. – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003.
- [15] MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.3, p.531-538, 2001.
- [16] NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1989. 442p.
- [17] SILVA, G.J. Desenvolvimento de plantas de soja, milho, algodão e *Brachiaria brizantha*, submetidas a quatro graus de compactação de um Latossolo Vermelho-escuro Distrófico. Tese (Mestrado em Agricultura Tropical). Cuiabá, Universidade Federal do Mato Grosso, 2004. 122p.
- [18] SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, 2004. 400 p.
- [19] STONE, L. F.; GUIMARÃES, 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.
- [20] TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H.; Análise de solos, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.
- [21] TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob semeadura direta influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.301-309, 1998.

Tabela 1. Massa de raízes de milho+braquiária (*Brachiaria brizantha*) e atributos físicos de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico, manejado sob sistema plantio direto e submetido ao cultivo de milho solteiro e milho consorciado com braquiária.

Tratamento	Camada (cm)	Raíz (g 1000 cm ⁻³)	Densidade do solo (Mg m ⁻³)	Porosidade total (m ³ m ⁻³)	Micro porosidade (m ³ m ⁻³)	Macro porosidade (m ³ m ⁻³)
Milho solteiro	0-5	2,81 Ba	1,15 Ac	0,52 Aa	0,36 Bb	0,16 Aa
	5-22	0,26 Ab	1,48 Aa	0,41 Cc	0,37 Bb	0,05 Bb
	22-30	0,12 Ab	1,37 Ab	0,45 Bb	0,39 Aa	0,06 Bb
Milho+braquiária	0-5	4,62 Aa	1,12 Ac	0,51 Aa	0,35 Bb	0,16 Aa
	5-22	0,39 Ab	1,43 Aa	0,42 Cc	0,35 Bb	0,07 Bb
	22-30	0,16 Ab	1,29 Ab	0,46 Bb	0,40 Aa	0,07 Bb

Pelo Teste de Duncan, a 1% de probabilidade, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos, dentro de cada camada amostrada, e seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre as camadas amostradas, dentro de cada tratamento.

Tabela 2. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico, manejado sob sistema plantio direto e submetido ao cultivo de milho solteiro e milho consorciado com braquiária (*Brachiaria brizantha*). (Embrapa Trigo – safra agrícola 2006/2007).

Tratamento	Camada (cm)	pH (água)	Al	Ca	MG	MO	P	K
			(mmolc dm ⁻³)			(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	
Milho solteiro	0-5	5,08 ns	9,13 Ab	35,22 Aa	18,03 Aa	3,75 Aa	21,58 Aa	205 Aa
	5-22	5,15 ns	12,33 Ab	32,85 Aa	17,65 Aa	2,82 Ab	23,25 Aa	98 Ab
	22-30	5,08 ns	20,85 Aa	23,05 Ab	12,20 Ab	2,28 Ac	5,03 Ab	53 Ac
Milho+braquiária	0-5	4,95 ns	9,72 Ab	36,50 Aa	17,90 Aa	3,70 Aa	21,73 Aa	175 Aa
	5-22	5,15 ns	11,38 Ab	34,68 Aa	18,85 Aa	3,00 Ab	13,90 Aa	126 Ab
	22-30	5,35 ns	16,45 Aa	30,73 Ab	15,85 Ab	2,20 Ac	4,35 Ab	48 Ac

Pelo Teste de Duncan, a 1% de probabilidade, média seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos, dentro de cada camada amostrada, e seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre as camadas amostradas, dentro de cada tratamento.

Tabela 3. Rendimento de grãos de milho solteiro e consorciado com braquiária (*Brachiaria brizantha*) e de matéria seca da parte aérea da braquiária, em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico, textura argilosa, manejado sob sistema plantio direto. (Embrapa Trigo - safras agrícolas 2005/2006, 2006/07 e 2007/2008).

Tratamento	Produtividade de grãos de milho			Produtividade de fitomassa de braquiária		
	Safra 2005/2006	Safra 2006/2007	Safra 2007/2008	Safra 2005/2006	Safra 2006/2007	Safra 2007/2008
	----- Mg ha ⁻¹ -----					
Milho solteiro	6.270 ns	12.160 ns	8.102 ns	-	-	-
Milho+braquiária	7.025 ns	12.322 ns	7.537 ns	990	2.026	2.437

ns = não significativo pelo Teste de Duncan ao nível 1% de probabilidade.