

Resistência à penetração na cultura do milho em diferentes intensidade de tráfego

Barros, C. A. P.⁽¹⁾; Rosa D. P.⁽²⁾; Rosa, V.T.⁽²⁾; Reichert J. M.⁽³⁾; Reinert D. J.⁽³⁾; Mentges M. I.⁽⁴⁾; Vieira D. A.⁽⁴⁾ & Vogelmann E. S.⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Bolsista Programa de Educação Tutorial/PET-Agronomia, (Apresentadora do Trabalho), UFSM, Av. Roraima, Santa Maria, RS, e-mail: dinhaufsm@gmail.com;

⁽²⁾ UFSM, Santa Maria, RS, david.dpr@gmail.com, vandetrevisan@gmail.com; ⁽³⁾ UFSM, Santa Maria, RS, jmreichert@goolemail.com, dalvanreinert@gmail.com, ⁽⁴⁾ marcelomentges@gmail.com, agronomo.davi@gmail.com, eduardovogelmann@hotmail.com

Introdução

A qualidade do solo cada vez está sendo mais discutida no meio científico. O potencial agrícola é determinado por fatores relacionados a propriedades correlatas à qualidade do solo, podendo ser de caráter edáfico, climático ou referente à espécie envolvida. Um dos principais problemas enfrentados, não apenas pelo milho, mas para a maioria das culturas, é o impedimento que as raízes podem encontrar ao longo do perfil do solo, advindo da compactação. Funcionalmente, uma estrutura de solo ideal é aquela que permite: (i.) um espaço poroso suficiente e contínuo para o movimento de água e gases e (ii.) uma resistência do solo não impeditiva ao crescimento das raízes (KOPI & DOUGLAS, 1991). O sistema radicular das culturas apresenta diferentes graus de tolerância à compactação; porém, de maneira generalizada, respondem a valores críticos a partir dos quais começam a ter restrições quanto ao seu crescimento. Silva et al. (2002) relatam que um valor de 2 MPa de resistência a penetração do solo tem sido associado a condições impeditivas para o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas.

Diferentes propriedades físicas têm sido usadas como indicadores restritivos ao crescimento de plantas na literatura científica. No campo, a resistência à penetração é bastante variável, sendo muito influenciada pelas condições de manejo do solo, intensidade do tráfego de máquinas e umidade do solo (SILVA et al.; 2004).

O manejo do solo é importante para a preservação do solo e de seus recursos naturais. Assim sendo, adotar práticas conservacionistas e usar de forma adequada máquinas e implementos agrícolas, pode amenizar problemas como a degradação física da estrutura.

De acordo com Seixas (2005), no solo sob sistema de manejo de plantio direto, em função do não revolvimento do solo, pode ocorrer o aumento da densidade do solo na camada superficial diminuindo a porosidade. Porém, se o sistema for corretamente manejado, com boa cobertura morta e adequada rotação de culturas irá promover uma melhor estruturação do solo, com canais que permitem adequado fluxo de ar e maiores taxas de infiltração de água.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência à penetração das raízes da cultura do milho, sob diferentes intensidades de tráfego.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no ano de 2008, em área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, RS. O solo é Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (EMBRAPA, 2006). A área está situada, segundo classificação de Köppen, na zona Cfa (Nimer, 1989). O milho (*Zea mays*) foi semeado no dia 22 de janeiro de 2008, usando a semente híbrido 3069 (Pionner) de ciclo super precoce. O delineamento empregado foi blocos ao acaso, os tratamentos utilizados são: semeadura direta (SD), semeadura direta com 4 passadas (SDc4), semeadura direta com 8 passadas (SDc8), cultivo mínimo (CM) e cultivo mínimo com solo compactado.

O efeito do tráfego foi avaliado através da compactação da área que foi implantada o cultivo mínimo posteriormente, onde foi utilizada uma pá carregadora da marca Case modelo W18, com massa total de 8,531Mg, sendo que a concha foi preenchida de terra para aumentar a massa no eixo frontal do equipamento, garantindo uma massa total de aproximadamente 10Mg. As garradeiras encontravam-se desgastadas pelo uso, evitando assim o cisalhamento superficial. A pressão de inflação foi 275,79kPa, gerando uma pressão de contato pneu/solo de 179,81KPa.

Foram extraídas informações das camadas: 0-0,05m, 0,05-0,15m, 0,15-0,25m e 0,25-0,35m. Os parâmetros físicos foram realizados para avaliar a influência do tráfego de máquinas e conseqüentemente a compactação do solo; sendo eles: macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt), densidade do solo (Ds) e resistência à penetração (RP). Para estas análises, exceto RP, amostras foram coletadas com a estrutura preservada em anéis com 0,06m de diâmetro e 0,05m de altura. Sendo encaminhadas em laboratório para saturação por capilaridade durante 48h, e após submetidas a um tensão de sucção de 6kPa. A diferença entre o peso da amostra em equilíbrio sob tal tensão e o peso seco da amostra resultou no volume de microporos. A macroporosidade correspondeu a quantidade de água drenada (EMBRAPA 1997).

Para avaliação do tráfego de máquinas utilizou-se a determinação da resistência à penetração do solo (RP), sendo também utilizadas as avaliações: massa seca de raiz, profundidade efetiva e sua distribuição no solo. O desenvolvimento e a distribuição do sistema radicular nos diferentes tratamentos foi realizada pelo o método do perfil cultural, conforme descrito por Böhm (1979). As plantas usadas para avaliação do desenvolvimento radicular foram encaminhadas para medição da massa seca de raiz, seguindo a metodologia proposta por Hanway (1966). A análise estatística constou de análise da variância e comparação de médias pelo teste de Duncan a 5%, realizado pelo software SAS (1990).

Resultados e Discussão

A densidade do solo (D_s) na camada de 0-0,5m foi maior no sistema semeadura direta com 4 passadas (SDc4), atingindo o valor de $1,53 \text{ Mg m}^{-3}$, diferindo do cultivo mínimo (CM) que obteve a menor D_s . Este efeito ocorreu devido ao efeito acumulativo do tráfego de máquinas, na ausência de mobilização mecânica do solo e, conforme Voorhees (1983), ineficiência das forças naturais (ciclos de secagem e umedecimento) em reduzir a densidade do solo.

O CM apresentou a maior porosidade total (Pt) e também o menor valor de microporosidade (Mi). A maior resistência à penetração (RP) foi encontrado no SDc4, diferindo somente do tratamento semeadura direta (SD), que teve a menor RP (0,52 MPa), valor bem abaixo do limite de impedimento do sistema radicular. Valores entre 2 e 3 MPa são considerados limitantes ao desenvolvimento radical de trigo, milho e pastagem (IMHOFF et al., 2000).

A maior RP, na camada 0,25-0,35m, foi no cultivo mínimo em solo compactado (CMc), mas não diferiu do CM. Nesta camada, o CMc obteve o maior valor de D_s , função da presença da camada compactada. Nesta profundidade, tem-se menor eficiência da escarificação, visto que a profundidade de atuação do mesmo foi de 0,22m. A macroporosidade (Ma) diferiu entre os tratamentos CM e SD, onde este apresentou o menor valor (9,08 %), ficando abaixo do valor considerado mínimo para uma boa aeração do solo, que é 10% de macroporosidade. O CM apresentou o maior valor de macroporosidade (Ma) na camada 0,05-0,15m.

A distribuição radicular pode ser visualizada na figura 1. Realizando uma inferência visual da distribuição das raízes ao longo dos tratamentos, percebe-se que o CM apresentou o melhor desenvolvimento do sistema radicular, isto é, raízes com crescimento vertical atingindo 0,30m de profundidade. Neste tratamento, encontraram-se altos valores de Pt e Ma ao longo da profundidade avaliada. Segundo Hatano et al. (1988), existe uma estreita relação entre porosidade do solo e crescimento radicular, com crescimento de raízes maior onde há maior número e continuidade de macroporos. Os tratamentos SDc4 e SDc8 comportaram-se de maneira semelhante, apresentando raízes pouco profundas e com crescimento horizontal e algumas raízes laterais chegaram há atingir 0,20m. Assim, à semelhança do SDc4 e SDc8 o CMc apresentou limitações no sistema radicular, pois houve crescimento horizontal e atingiu uma profundidade de 0,15m. No SD, o sistema radicular desenvolveu-se em uma profundidade entre 0,15-0,20m, mas algumas raízes laterais em crescimento horizontal. De acordo com Russel & Goss (1974), as raízes diminuem de diâmetro para penetrar em pequenos poros, pois a RP estimula a proliferação de raízes laterais, as quais são mais finas. A massa seca de raízes foi maior no SD ($39,785 \text{ g planta}^{-1}$), que diferiu dos outros tratamentos, e estes não apresentaram diferenças entre si. Semelhante ao de Foloni et al. (2003) a matéria seca não foi alterada com o

aumento da RP, pois na SD obteve-se os menores valores de RP, a não ser na camada de 0,25-0,35m no qual o valor encontrado foi de 2,19 MPa.

Tabela 1: Valores médios de macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt), densidade do solo (Ds) e resistência a penetração (RP), Santa Maria 2008.

Trat.*	Ma		Mi		Pt		Ds		RP	
	-----%-----				Mg m ⁻³				Mpa	
Camada 0-0,05m										
SD	23.27	a	43.22	ab	66.49	ab	1.40	abc	0.52	b**
SDc4	18.78	a	41.01	b	59.79	b	1.53	a	1.22	a
SDc8	17.81	a	44.21	ab	62.02	ab	1.51	ab	0.83	ab
CM	21.90	a	46.22	ab	68.12	ab	1.38	c	0.76	ab
CMc	22.39	a	42.47	ab	64.87	ab	1.39	bc	0.77	ab
CV(%)	18.43		5.24		6.02		5.15		36.19	
Camada 0,05-0,15m										
SD	10.88	a	41.79	a	52.66	a	1.63	ab	1.18	a
SDc4	9.96	a	43.85	a	53.81	a	1.60	ab	1.79	a
SDc8	9.31	a	42.38	a	51.69	a	1.65	a	2.20	a
CM	14.17	a	42.56	a	56.73	a	1.56	b	1.87	a
CMc	10.55	a	41.14	a	51.69	a	1.64	ab	2.17	a
CV(%)	32.30		3.86		6.16		3.37		37.21	
Camada 0,15-0,25m										
SD	9.95	ab	41.59	a	51.53	a	1.63	ab	1.70	c
SDc4	11.13	ab	41.91	a	53.04	a	1.54	b	1.85	bc
SDc8	10.90	ab	37.73	a	48.63	a	1.57	ab	2.24	abc
CM	11.50	ab	42.22	a	53.72	a	1.57	ab	2.82	a
CMc	8.55	b	41.20	a	49.75	a	1.67	a	2.67	ab
CV(%)	14.77		12.01		10.26		4.33		25.43	
Camada 0,25-0,35m										
SD	9.08	c	42.49	a	51.57	c	1.61	a	2.19	a
SDc4	10.42	bc	42.70	a	53.12	bc	1.55	ab	1.86	a
SDc8	12.90	ab	43.99	a	56.90	ab	1.49	b	1.69	a
CM	13.61	ab	42.74	a	56.35	ab	1.48	b	2.30	a
CMc	9.15	c	41.92	a	51.07	c	1.63	a	2.30	a
CV(%)	16.88		3.42		4.15		3.44		20.20	

*SD-semeadura direta, SDc4 -semeadura direta com 4 quatro passadas, SDc8-semeadura direta com 8 passadas, CM-cultivo mínimo, CMc-cultivo mínimo com solo compactado.CV -coeficiente de variação. **Médias seguidas com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Duncan 5% probabilidade.

Tabela 2: Valores médios da massa seca de raízes nos quatro tratamentos, Santa Maria 2008.

Tratamento*	Massa seca raiz (g planta ⁻¹)
SD	39.78 a**
SDc4	24.13 b
SDc8	13.34 b
CM	19.00 b
CMc	13.94 b
CV (%)	33.245

*SD-semeadura direta, SDc4-semeadura direta com 4 quatro passadas, SDc8-semeadura direta com 8 passadas, CM-cultivo mínimo, CMc-cultivo mínimo com solo compactado. CV-coeficiente de variação **Médias seguidas com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Duncan 5% probabilidade.

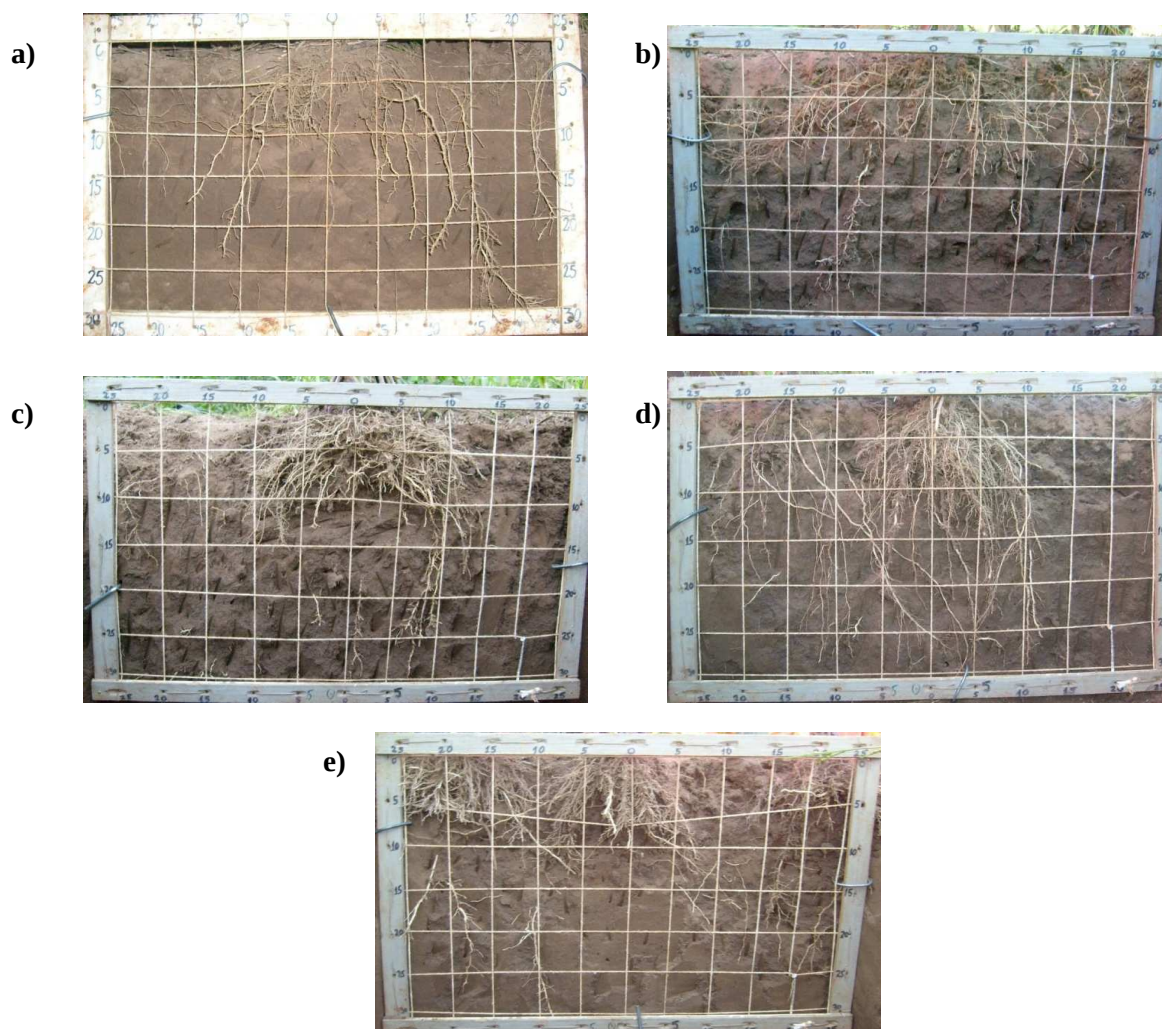


Figura 1: Distribuição do sistema radicular das plantas de milho sob: a) Semeadura direta (SD) b) Semeadura direta com 4 passadas (SDc4) c) Semeadura direta com 8 passadas (SDc8) d) Cultivo mínimo (CM) e) Cultivo mínimo em solo compactado (CMc).

Conclusão

O tráfego de máquinas juntamente com o não revolvimento do solo, aumentou a compactação do solo e gerou condições limitantes ao desenvolvimento das plantas de milho. A densidade do solo e a porosidade total foram parâmetros modificados pela compactação do solo, devido ao tráfego de máquinas. O cultivo mínimo propiciou adequadas condições físicas para o bom crescimento e desenvolvimento do sistema radicular.

Referências Bibliográficas

- BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer-Verlag BerlinHeidelberg, 1979. 190p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa Solos, 2006. 306p.
- FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C.; LIMA, S.L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:947-953, 2003.
- HANWAY, J.J. Growth stages of corn (**Zea mays, L.**). **Agronomy Journal**, v. 55, n. 5, p. 487-492, September, 1966.
- HATANO, R.; IWANAGA, OKAJIMA, H.; SAKUMA, T. Relationship between the distribution of soil macropores and root elongation. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.34, n.4, p.535-546, 1988.
- KOPI, A. J.; DOGLAS, J. T. A rapid inexpensive and quantitative procedure for assessing soil structure with respect to cropping. **Soil Use and Management**, v.7, p. 52-56, 1991.
- MORAES, M.H.; MULLER, M.M.L.; FOLONI, J.S.S. **Qualidade física do solo**: métodos de estudo-sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal: Funep, p.1-18, 2002.
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 442p.
- SEIXAS, J.; ROLOFF, G.; RALISCH, R., Tráfego de máquinas e enraizamento do milho em plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, p.794-798, 2005.
- SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: RUSSEL, R.S.; GOSS, M.J. Physical aspects soil fertility: the response of roots to mechanical impedance. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.22, p. 305-318, 1974.
- SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, p.399-406, 2004.
- VOORHEES, W.B. Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviating wheel-induced soil compaction. **Soil Science Society of America Journal**, v.47, p.129-133, 1983.