



Alterações anatômicas em raízes de girassol submetidas à solo compactado⁽¹⁾.

Alex Scapinelli⁽²⁾; Filipe Rafaeli Deina⁽²⁾; Luciane Belmonte Pereira⁽³⁾; Wellyton Santos de Assis⁽²⁾; Daniel Paulo Ferreira⁽²⁾; Jeovane Nascimento Silva⁽²⁾.

⁽¹⁾ Parte do Trabalho de Conclusão de Curso do primeiro autor. ⁽²⁾ Estudante de Bacharelado em Agronomia; IFMT – Campo Novo do Parecis; Campo Novo do Parecis, Mato Grosso; E-mail: alex.scapinelli@hotmail.com; filiperafdeina@hotmail.com; wellyton.assis@gmail.com; daniel4099@yahoo.com.br; jeovaneagro@gmail.com. ⁽³⁾ Professor; IFMT – Campo Novo do Parecis; E-mail: luciane.pereira@cnp.ifmt.edu.br.

RESUMO: Atualmente, com a crescente adoção de sistemas conservacionistas, que empregam o não revolvimento do solo e a manutenção da cobertura vegetal, tem-se aumentado também a incidência de áreas compactadas nos sistemas produtivos. Este trabalho teve por objetivo verificar as respostas anatômicas das raízes de girassol em condição de solo compactado. A pesquisa foi realizada à campo, num Latossolo Vermelho Distrófico típico, sendo os tratamentos cinco níveis de compactação (sem tráfego adicional (C0), uma (C1), três (C3), seis (C6) e onze (C11) passadas de trator) e quatro profundidades de avaliação (0,0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m). Foram avaliadas as propriedades físicas do solo e as alterações anatômicas nas raízes. A compactação do solo provocada pelo tráfego de máquinas promove aumento da densidade do solo, da resistência do solo à penetração e da microporosidade; bem como a diminuição da porosidade total e da macroporosidade. As modificações físicas do solo proporcionaram alterações anatômicas nas raízes com alteração do diâmetro de vasos, aparecimento de células xilemáticas angulosas, esmagamento do câmbio vascular e aparecimento de aerênquima, típico em raízes submetidas à hipoxia.

Termos de indexação: tráfego de máquinas, aerênquimas, *Helianthus annuus*.

INTRODUÇÃO

O manejo do solo e o método de cultivo causam alterações físicas, químicas e estruturais nos solos agrícolas. Atualmente, com a crescente adoção de sistemas conservacionistas, que empregam o não revolvimento do solo e a manutenção da cobertura vegetal, tem-se aumentado também a incidência de áreas compactadas nos sistemas produtivos.

A compactação do solo é caracterizada pelo aumento da densidade aparente, o que reflete em maiores valores de resistência do solo à penetração, maior retenção de água, redução da porosidade, da difusão dos gases e da disponibilidade de nutrientes (Beutler & Centurion, 2004).

Como alternativa de estudo e com intuito de entender melhor a dinâmica destes solos, alguns autores têm adotado metodologias complementares às análises físicas do solo, como análises de atividade de enzimas e de anatomia. O trabalho de Iijima & Kato (2007) é um bom exemplo; os autores submeteram as raízes de milho, arroz, ervilha e algodão às condições de estresse físico do solo por seca, anaerobiose e impedância mecânica e concluíram que o algodão é a espécie que apresenta melhor desenvolvimento das raízes em condição de solo compactado. Este tipo de trabalho tem formado excelente base conceitual na abordagem da dinâmica dos solos compactados, facilitando o entendimento destes problemas.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo verificar as respostas anatômicas das raízes de girassol em condição de solo compactado.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada à campo, no período de março a junho (segunda safra) de 2014, num Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013). O experimento encontrava-se nas seguintes coordenadas geográficas: 13°40'41" de latitude Sul; 57°47'25" de longitude Oeste e 561 m de altitude. O clima da região pela classificação de Köppen é o Aw. As características químicas do solo, na camada de 0,0 a 0,20 m, eram: pH_{CaCl2} = 5,4; P = 16,9 mg dm⁻³; K = 29 mg dm⁻³; Ca = 3,1 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,1 cmol_c dm⁻³; Al = 0,0 cmol_c dm⁻³; H = 3,1 cmol_c dm⁻³; MO = 21,2 g dm⁻³; areia, silte e argila = 360, 134 e 506 g dm⁻³, respectivamente.

O delineamento adotado foi o de blocos completos casualizados com cinco repetições, tendo como tratamento cinco compactações (sem tráfego adicional (C0), uma (C1), três (C3), seis (C6) e onze (C11) passadas de trator).

A indução às compactações do solo foi realizada em março, quando o solo foi subsolado, gradeado e posteriormente compactado. Na compactação foi utilizado um trator agrícola MF 292 (105 cv), com rodado de pneus diagonais e massa total de 5 Mg, com pressão de inflação de 96 kPa nos pneus

dianteiros (14.9-24 R1) e 110 kPa nos pneus traseiros (19.4-34 R1), sendo 39% da massa distribuída no eixo dianteiro e 61% no eixo traseiro. A compactação foi realizada por meio da passagem dos rodados desse trator, perfazendo toda a superfície da parcela, de forma que os pneus comprimiram áreas paralelas entre si, variando o número de passadas em função do tratamento.

Após a implantação das compactações foi feita a semeadura do girassol, cultivar Olissum-3, híbrido triplo de ciclo semiprecoce. O espaçamento utilizado foi de 0,45 m entre linhas e 3 sementes por metro, a profundidade de semeadura de 0,03 m.

No período do pleno florescimento do girassol foram coletadas amostras de solo utilizando um anel extrator de 0,04 m de comprimento e 0,05 m de diâmetro, forçado verticalmente no solo, por meio de um amostrador. Nessas amostras foram avaliadas as propriedades físicas: densidade do solo (D_s), porosidade total (Pt), macro (Mac) e microporosidade (Mic), de acordo com EMBRAPA (1997). A resistência do solo à penetração (RSP) foi avaliada conforme Bianchini et al. (2002).

Para a avaliação das alterações anatômicas foram coletadas amostras de raízes secundárias da camada entre 0,0 e 0,10 m de profundidade. As raízes foram coletadas, lavadas, cortadas em fragmentos de 0,05 m, fixadas em solução de FAA 70% (formaldeído, ácido acético e álcool etílico à 70%) (Johansen, 1940) e armazenadas em geladeira. Em seguida foi feita a desidratação em série alcoólica com butanol terciário, o material foi embebido inicialmente em parafina e posteriormente em parplast. Os cortes foram realizados em micrótomo de deslize com 14 μ m de espessura. A coloração dos cortes foi feita com Astrablau (solução de safranina e azul de astra 7,5:2,5) e montados em lâminas com gelatina de Kaiser (Kraus e Arduin, 1997). A obtenção das imagens foi por meio de microscópio de ocular micrométrica e as imagens foram trabalhadas através do software ImageJ conforme Abràmoff et al. (2004).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando F significativo ($p < 0,05$), foi aplicado regressão para as faixas de compactação, utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tráfego adicional do trator promoveu aumento da densidade do solo (D_s), da resistência do solo à penetração (RSP) e da microporosidade (Mic); bem como a redução da macroporosidade (Mac) e da

porosidade total (Pt) (Figura 1).

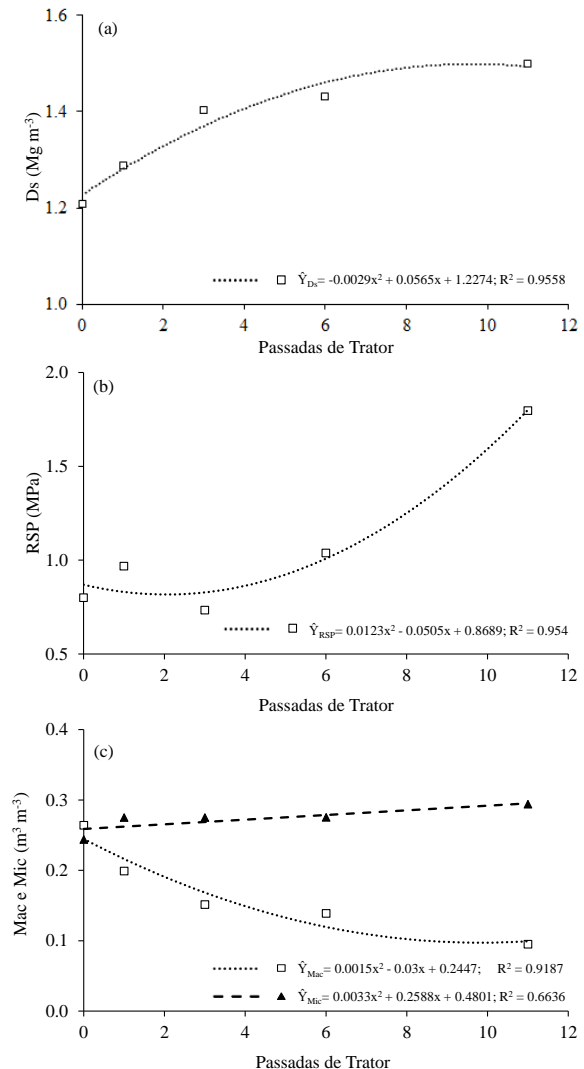


Figura 1 – Propriedades físicas do solo: densidade (a), resistência à penetração (b) e macro e microporosidade (c) em função das passadas de trator. CV: 5,77; 34,38; 24,62; e 12,06, respectivamente.

As alterações físicas do solo provocadas pelo tráfego do trator resultaram em alterações anatômicas nas raízes que podem ser visualizadas na Figura 2. Pode-se constatar que as raízes coletadas estavam em início de desenvolvimento secundário, já que as raízes primárias de girassol apresentam distribuição tetrarca, com quatro vasos de xilema e quatro vasos de floema, como descrito por Gostin (2013), a qual não é observada. Nestas raízes os vasos estão distribuídos com os protoxilemas e metaxilemas no centro (cor violeta) e o câmbio vascular está deslocado para a periferia do cilindro central, entre o xilema e o parênquima



(Figura 2a). Porém o crescimento secundário não é pleno, pois ainda há presença de parênquima, o qual desapareceria com a formação do súber e da feloderme. (Evert, 2006)

Também é possível observar, nas lâminas submetidas à C11, que há um esmagamento das células vestigiais do câmbio vascular e parênquima (Figura 2b), este é um indício de que há dificuldade de crescimento radial das raízes, provavelmente devido à maior Ds e RSP neste tratamento; o mesmo não foi observado quando foram analisadas as lâminas em C0.

Observando os cortes transversais das raízes submetidas à C0 e C11, pode-se verificar a alteração do formato das células centrais do xilema, mais arredondadas no solo não trafegado e mais angulosas no solo compactado (Figura 2c, 2d). Isto pode ser reflexo da impedância mecânica provocada pela maior Ds, que restringe o crescimento radial das células e acaba por deformá-las.

Mesmo não sendo objetivo do estudo, algumas lâminas apresentaram raízes secundárias (Figura 2e, 2f) e pode-se notar a diferença de calibre entre os feixes vasculares das raízes submetidas à C3, que apresentam elementos de vaso mais largos e em menor número, do que às submetidas à C11, onde os feixes vasculares são mais delgados e numerosos. Isso é um indício que a compactação restringe a absorção de água e como alteração adaptativa há uma maior formação de vasos (Evert, 2006).

As modificações estruturais do solo, proporcionaram maior Ds, menor espaço poroso (Mac) e maior retenção de água (Mic) culminando na formação de parênquima aerífero (aerênquima), em C6 e C11, típicos em raízes submetidas à hipóxia (Figura 2g, 2h, 2i). Considerando que a média da Mac do perfil é de 0,14 e 0,09 m³ m⁻³, em C6 e C11 respectivamente, pode-se estabelecer o primeiro valor como limite para a adequada oxigenação das raízes de girassol. O valor de Mac de 0,09 m³ m⁻³ em C11, onde os aerênquimas são nítidos, está de acordo com o limite proposto por Pagliai et al. (2003) de 0,10 m³ m⁻³ para a adequada oxigenação das raízes, porém neste nível as alterações anatômicas já estão estabelecidas e conseqüentemente uma perda por estresse respiratório.

Mostajeran & Rahimi-Eichi (2008) destacam que a formação de aerênquimas tem como vantagem o aumento da oxigenação, mas compromete a resistência mecânica das raízes, podendo enfraquecer a estrutura da raiz. Os autores ainda explicam que com a pressão externa provocada pela compactação, a estrutura dos aerênquimas pode entrar em colapso e a quantidade de tecido

funcional pode ser reduzido.

CONCLUSÕES

A compactação do solo provoca alterações anatômicas nas raízes de girassol, com formação de aerênquimas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo financiamento parcial e viabilização deste trabalho.

Ao Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, em especial ao setor de Botânica Estrutural, que nos cedeu os equipamentos necessários para a realização dos cortes anatômicos.

REFERÊNCIAS

- ABRÀMOFF, M.D.; MAGALHÃES, P.J.; RAM, S.J. Image Processing with ImageJ. *Biophotonics International*, 11:36-42, 2004.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 39:581-588, 2004.
- BIANCHINI, A.; MAIA, J.C.S.; GUIMARÃES, P.S.G.; CAPELLI, N.; UMEZU, C.K. Penetrógrafo eletrônico automático. *Engenharia agrícola e ambiental*, 6:332-336, 2002.
- EMBRAPA. Manual de métodos análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em Solos; 1997. 212p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. 353p.
- EVERT, R.F. *Esau's Plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development*. New York: John Wiley & Sons, 2006. 726p.
- FERREIRA, D.F. *Sisvar: sistema de análise de variância para dados balanceados*. Lavras: DEX/UFLA, 2011.
- GOSTIN, I. Morphogenetical aspects in *Helianthus annuus* L. during the ontogenesis. *Lucrari stiintifice – seria agronomie*, 52:181-186, 2009.
- IJIMA, M.; KATO, J. Combined soil physical stress of soil drying, anaerobiosis and mechanical impedance to seedling root growth of four crop species. *Plant production science*. 10:451-459, 2007.

JOHANSEN, D.A. Plant microtechnique. 2ª ed. New York: Mc Graw-Hill, 1940. 300p.

KRAUS, J.E.; ARDUIM, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica: Edur, 1997. 211p.

MOSTAJERAN, A.; RAHIMI-EICHI, V. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice cultivars

(*Oryza sativa* L.). Pakistan journal of biological sciences, 11:173-2183, 2008.

PAGLIAI, M.; MARSILI, A.; SERVADIO, P.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. Changes in some physical properties of a clay soil in Central Italy following the passage of rubber tracked and wheeled tractors of medium power. Soil till research. 73:119-129, 2003.

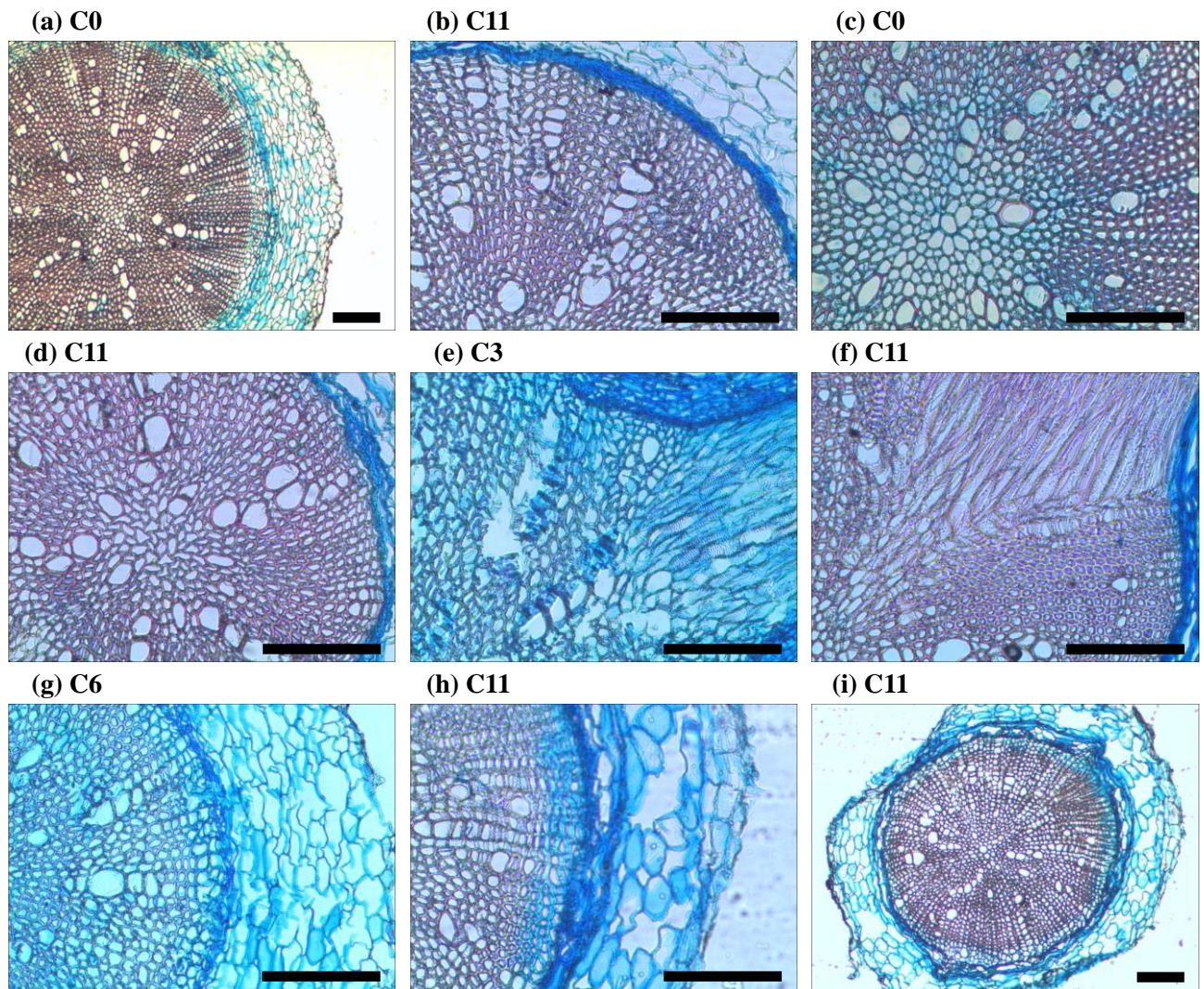


Figura 2 – Seções transversais de raízes de girassol submetidas à zero (a, c), três (e), seis (g) e onze (b, d, f, h, i) passadas de trator, evidenciando as principais alterações anatômicas. A barra corresponde à 200 μ m.