



# Desenvolvimento radicular em resposta a práticas de manejo adotadas durante o cultivo de cana-de-açúcar

**Palavras-Chave:** Sistemas de manejo conservacionistas, atributos físicos do solo, preparo do solo

**Autores/as:**

**Jhonny Ricardo Negri [UNICAMP, FEAGRI]**

**Prof. Dr. Zigomar M. de Souza (orientador) [UNICAMP, FEAGRI]**

**Dr<sup>a</sup> Camila V. Vieira Farhate [UNICAMP, FEAGRI]**

**Me. Marina Pedroso Carneiro [UNICAMP, FEAGRI]**

---

## INTRODUÇÃO:

O Brasil é a maior produção mundial de cana-de-açúcar, com 654,8 milhões de toneladas, e 8,3 milhões de hectares (CONAB, 2021), sendo o estado de São Paulo responsável por 54,1% da quantidade produzida durante esta safra (NACHILUK, 2021). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2020), o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil foi otimizado no passado e, atualmente, a produtividade está alcançando mais de 70 toneladas por hectare ( $Mg\ ha^{-1}$ ). Além disso, nas últimas décadas, a mecanização dos processos de plantio e colheita na produção de cana-de-açúcar aumentou significativamente, atingindo mais de 70%.

A grande maioria das áreas cultivadas com cana-de-açúcar no Brasil está sob o sistema de manejo convencional, onde, paralelamente ocorreu a intensificação da mecanização agrícola. A combinação desses dois fatores promoveu modificações físicas e mecânicas no solo e, refletiram na intensificação de processos de degradação da estrutura do solo, erosão e compactação do solo (OLIVEIRA NETO et al., 2011; ESTEBAN et al., 2019), além de acelerada oxidação do carbono orgânico, liberando altas quantidades de  $CO_2$  para atmosfera em um curto período (FIGUEIREDO et al., 2015).

Em contraste, agricultura conservacionista é um conceito para a produção de culturas agrícolas que economiza recursos e busca obter lucros aceitáveis, juntamente com altos e sustentados níveis de produção, ao mesmo tempo em que conserva o meio ambiente (GONZALEZ-SANCHEZ et al., 2015). O sistema plantio direto apresenta esses princípios e compreende aproximadamente 25 milhões de hectares com produção de grãos no Brasil, porém é pouco utilizado na cultura da cana-de-açúcar (CURY et al., 2014).

A utilização de plantas de cobertura, associadas a sistemas de preparo do solo conservacionistas, tendem a potencializar as chances de reverter o processo de degradação, pois as plantas de cobertura, além de beneficiar o solo no que diz respeito ao controle da erosão, promovem a ciclagem de nutrientes, o controle das perdas de nutrientes por lixiviação, a proteção do solo contra a ação direta dos raios solares e, por fim, quebra do ciclo de monocultivo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

A avaliação do sistema radicular é um indicador eficiente da qualidade de sistemas de manejo, uma vez que existe uma relação direta entre a produção de biomassa radicular e os atributos físicos do solo (OTTO et al., 2011). Um dos principais atributos do solo que interferem no crescimento radicular da cana-de-açúcar é a densidade do solo, pois representa o aumento da compactação do solo em decorrência das pressões exercidas pelo tráfego de máquinas, veículos, implementos e animais (LOVERA et al., 2021).

A introdução de espécies de plantas de cobertura com um sistema radicular profundo é desejável para minimizar os efeitos da compactação, estas que estão relacionadas a criação de

bioporos por plantas de raízes profundas, os quais podem ser utilizados como caminhos de baixa resistência pelas raízes das culturas subsequentes (CHEN; WEIL, 2010). Além disso, os poros formados por essas plantas permitem o fluxo de água, calor e ar através do solo (BLANCO-CANQUI, 2016).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de plantas de cobertura e sistemas de preparo do solo conservacionistas, na produção de biomassa radicular da cana-de-açúcar.

## **METODOLOGIA:**

O estudo foi conduzido em uma área experimental de aproximadamente dois hectares, localizada nas dependências da usina Santa Fé, no município de Ibitinga, São Paulo, Brasil (21°83'43"S, 48°87'50 O e 455 metros acima do nível do mar). O clima da região é classificado como tropical com estação seca (Aw) segundo a classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2013) e, o solo como Argissolo Vermelho distrófico típico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS) (SANTOS et al., 2018), ou como Ultisols Udults segundo o Soil Taxonomy System (SOIL SURVEY STAFF, 2014). A caracterização granulométrica da área experimental demonstrou que a camada superficial (0,00-0,20 m) é do tipo franco arenosa e, a camada superficial (0,30-0,70 m), franco-argilo-arenosa, segundo a classificação estabelecida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2017).

O delineamento experimental ocorreu em faixas, com quatro tratamentos com plantas de cobertura, nas faixas horizontais (amendoim, crotalária, milho e sorgo) e, três tratamentos de preparo do solo, nas faixas verticais (sem preparo, subsolagem a 0,40 m de profundidade e subsolagem a 0,70 m de profundidade). Para fins de comparação foi considerado como referência um tratamento testemunha, sem plantas de cobertura e com preparo convencional do solo para o plantio da cana-de-açúcar.

Ao final do quinto ciclo de produção cana-de-açúcar (ou seja, quarto ciclo de cana soca) foi realizada amostragem de raízes nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, nas posições de entrelinha, canteiro e linha, utilizando sondas em aço inox com 1,0 m de comprimento e 0,055 m de diâmetro interno, conforme metodologia descrita por Otto et al. (2009).

Após a coleta das amostras, as raízes do solo foram separadas pela lavagem em água corrente, utilizando uma peneira com abertura de malha de 2,0 mm conforme estabelecidos por Vasconcelos et al. (2003). As raízes, já separadas, foram guardadas em envelopes de papel e colocadas em estufas de secagem a 65 °C, durante tempo mínimo de 48 horas. Posteriormente, realizou-se a pesagem onde obteve-se o peso em gramas e, depois os resultados foram extrapolados para quilogramas por hectare (OTTO et al., 2009). Em seguida, os resultados foram analisados graficamente visando compreender variabilidade da produção de biomassa radicular em função tratamento, local de amostragem e profundidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados os valores de biomassa radicular ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para os diferentes tratamentos avaliados nesse estudo. As raízes, em geral, ficaram concentradas nas camadas superficiais, até 0,20 metros do solo, sendo uma característica apresentada pelo sistema radicular das soqueiras, no qual a quantidade de cortes torna o sistema mais superficial (LIMA et al., 2018). Os tratamentos com amendoim sob sistema de plantio direto (PD), de cultivo mínimo (CM) e cultivo mínimo com subsolagem profunda (CM/SP) apresentaram valores de biomassa de raiz na linha de plantio maiores que no tratamento testemunha. Observa-se ainda que, a concentração de raízes foi maior para o tratamento CM/SP, evidenciando melhores condições para o desenvolvimento radicular, que os demais tratamentos.

No caso do milho, o uso de CM/SP também se destacou em relação aos outros tratamentos, induzindo alta produção de biomassa, especialmente na linha de plantio. Esse resultado está de acordo com Scarpate et al. (2019), que afirmam que a subsolagem profunda favorece o desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. Além disso, Chen e Weil (2010) afirmam que o uso de milho como planta de cobertura favorece o crescimento rápido e profundo do sistema radicular da cultura subsequente, devido a formação de bioporos.

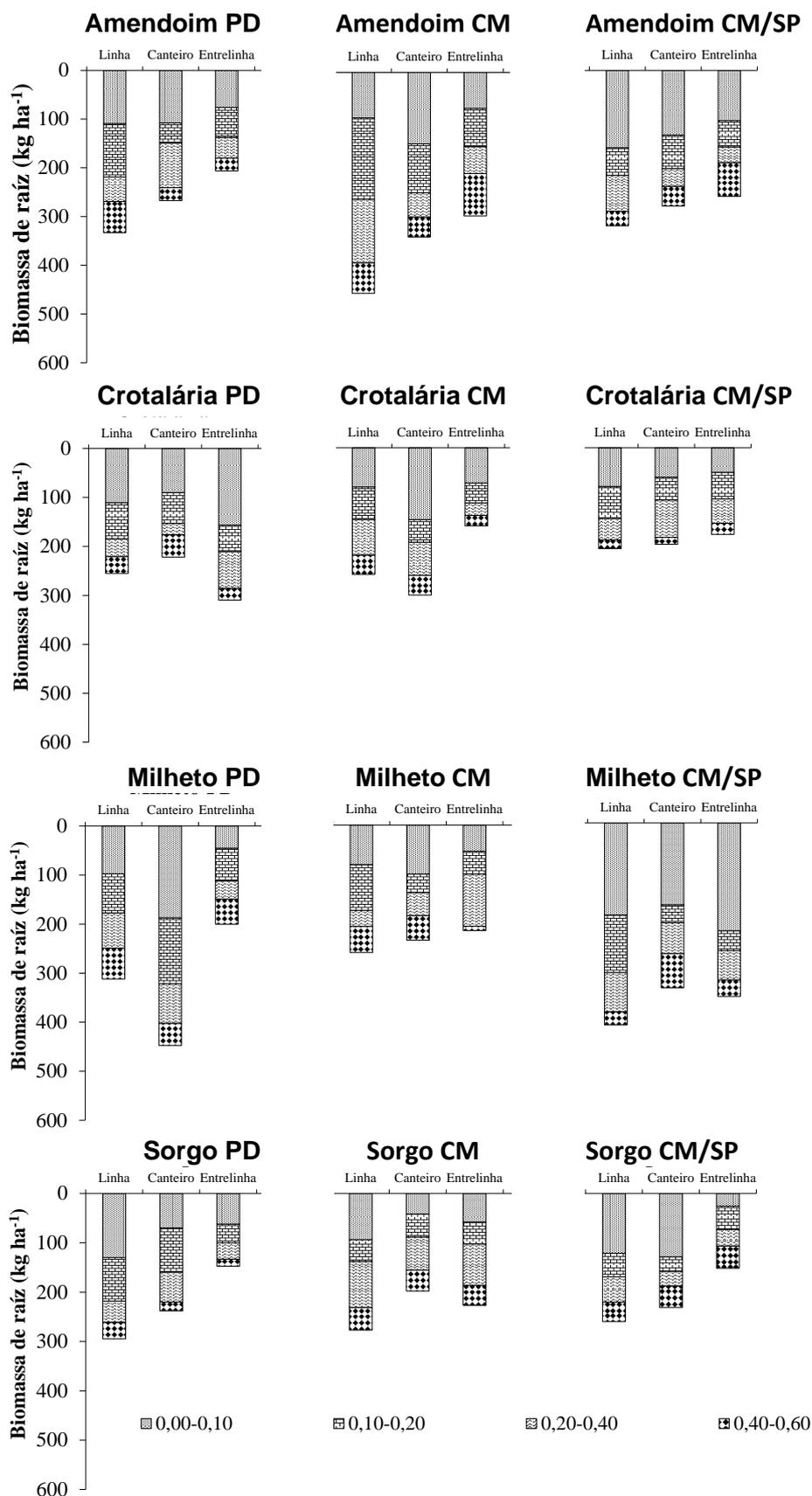
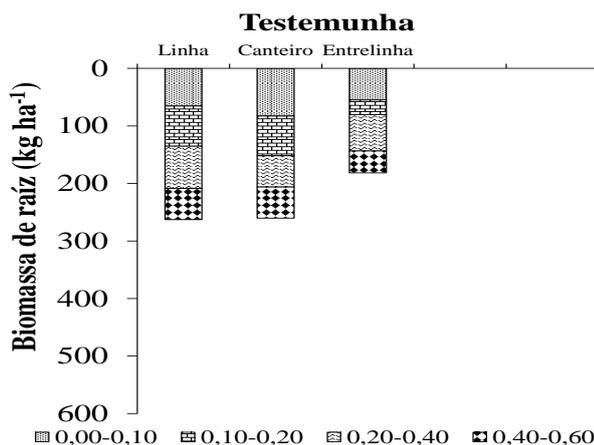


Figura 1. Produção de biomassa radicular localizada na linha, canteiro e entrelinha de plantio. Valores referentes ao quarto ciclo de cana soca, variedade CTC4, na área experimental localizada no município de Ibitinga, estado de São Paulo. PD = plantio direto; CM = cultivo mínimo; CM/SP = cultivo mínimo com subsolação profunda. Os valores descritos na legenda são referentes as profundidades de coleta das amostras raízes + solo, sendo elas: 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m, 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m.

Em geral as plantas de cobertura, com exceção da crotalária em sistema CM/SP, apresentaram maior acúmulo de raízes na camada de 0,00-0,60 metros na linha de plantio, em relação ao tratamento testemunha. Sendo, os valores de biomassa na linha de plantio, maiores para o uso de amendoim e milho, sob os sistemas de CM e CM/SP do que para crotalária e sorgo.

Para o tratamento testemunha, a Figura 2 evidencia que a produção de biomassa radicular foi semelhante para as posições de linha e canteiro da cana-de-açúcar, sendo a maior concentração de raízes encontrada na profundidade de 0,10-0,40 m para a linha de plantio e, entre 0,00-0,20 m, para o canteiro. Destaca-se que a produção de biomassa radicular encontrada no tratamento testemunha, foram substancialmente menores do que as encontradas nos demais tratamentos, ou seja, combinações de plantas de cobertura e sistemas de preparo do solo. Provavelmente esse resultado é consequência da elevada compactação do solo inerente ao sistema de convencional, a qual comprometeu o crescimento radicular da cana-de-açúcar nessas condições.



**Figura 2.** Produção de biomassa radicular localizada na linha, canteiro e entrelinha de plantio do tratamento testemunha. Valores referentes ao quarto ciclo de cana soca, variedade CTC4, na área experimental localizada no município de Ibitinga, estado de São Paulo. PC = plantio convencional. Os valores descritos na legenda são referentes as profundidades de coleta das amostras raízes + solo, sendo elas: 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m.

## CONCLUSÕES:

A utilização de amendoim e milho como plantas de cobertura, juntamente, respectivamente, com o cultivo mínimo com subsolagem a 0,40 m de profundidade e o plantio de cultivo mínimo com subsolagem profunda para o cultivo de cana-de-açúcar, favorecem o aumento significativo do acúmulo de raízes em profundidade maiores, em relação ao sistema de preparo convencional (testemunha).

## BIBLIOGRAFIA

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, K. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BLANCO-CANQUI, H. Growing dedicated energy crops on marginal lands and ecosystem services. **Soil Science Society of America Journal**, v.80, n.4, p.845-858, 2016.

CHEN, G.; WEIL, R.R. Penetration of cover crop roots through compacted soils. **Plant and Soil**, v.331, n.1, p.31-43, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**, segundo levantamento, Safra 2020/21. CONAB: Brasília, 2021. 63p.

- CURY, T.N.; DE MARIA, I.C.; BOLONHEZI, D. Biomassa radicular da cultura de cana-de-açúcar em sistema convencional e plantio direto com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.1929-1938, 2014.
- ESTEBAN, D.A.; SOUZA, Z.M.; TORMENA, C.A.; LOVERA, L.H.; LIMA, E.S. OLIVEIRA, I.N.; RIBEIRO, N.P. Soil compaction, root system and productivity of sugarcane under different row spacing and controlled traffic at harvest. **Soil and Tillage Research**, v.187, n.1, p.60-71, 2019.
- FAO. **Land and Water: Sugarcane- FAOSTAT**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/sugarcane/en/>>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- FIGUEIREDO, E.B.; PANOSSO, A.R.; DONALD C.; REICOSKY, D.C.; LA SCALA JÚNIOR, N. Short-term CO<sub>2</sub>-C emissions from soil prior to sugarcane (*Saccharum spp.*) replanting in southern Brazil. **Global Change Biology**, v.7, n.1, p.316-327, 2015.
- GONZALEZ-SANCHEZ, E.J.; VEROZ-GONZALEZ, O.; BLANCO-ROLDAN, G.L.; MARQUEZ-GARCIA, F.; CARBONELL-BOJOLLO, R. A renewed view of conservation agriculture and its evolution over the last decade in Spain. **Soil and Tillage Research**, v.146, n.1, p.204-212, 2015.
- LIMA, C.C.; DE MARIA, I.C.; GUIMARÃES JÚNNYOR, W.S.; SILVA, L.F.S.; ROSSETTO, R. Visual evaluation of soil structural and sugarcane root under deep striptill and conventional tillage. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.11, p.231-241, 2018.
- LOVERA, L. H.; SOUZA, Z. M.; ESTEBAN, D. A. A.; OLIVEIRA, I. N.; FARHATE, C. V. V.; LIMA, E. S.; PANOSSO, A. R. Sugarcane root system: Variation over three cycles under different soil tillage systems and cover crops. **Soil and Tillage Research**, v.208, 104866, 2021.
- NACHILUK, K. Alta na produção e exportações de açúcar marcam a Safra 2020/21 de cana. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v.16, n.6, p.1-5, 2021.
- OLIVEIRA NETO, A.M.; MACIEL, C.D.G.; GUERRA, N.; LIMA, G.G.R.; SOLA JÚNIOR, L.C. Manejo químico de adubos verdes para sucessão da cana-de-açúcar em sistema de cultivo mínimo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.2, p.86-94, 2011.
- OTTO, R.; TRIVELIN, P.C.O.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C. Root system distribution of sugar cane as related to nitrogen fertilization, evaluated by two methods: monolith and probes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.3, p.601-611, 2009.
- OTTO, R.; SILVA, A.P.; FRANCO, H.C.J.; OLIVEIRA, E.C.A.; TRIVELIN P.C.O. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. **Soil Tillage Research**, v.117, n.1, p. 201-210, 2011.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Ed. Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2018. 353 p.
- SCARPARE, F.V.; VAN LIER Q.J., CAMARGO L.; PIRES, R.C.M.; RUIZ-CORRÊA, S.T.; BEZERRA, A.H.F.; GAVA, G.J.C.; DIAS, C.T.S. Tillage effects on soil physical condition and root growth associated with sugarcane water availability. **Soil and Tillage Research**, v.187, p.110-118, 2019.
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**. 12 Ed. Washington: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2014. 372 p.
- USDA. United States Department of Agriculture. Soil Science Division Staff. **Soil survey manual**. DITZLER, C.; SCHEFFE, K.; MONGER, H. C. (Eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C. 2017. 639 p.
- VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A.; PERECIN, D.; JORGE, L.A.C.; LANDELL, M.G.A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.5, p.849-858, 2003.