

ESCARIFICAÇÃO DE UM LATOSSOLO VERMELHO NA PÓS-COLHEITA DE SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR⁽¹⁾

A. F. PAULINO⁽²⁾, C. C. MEDINA⁽³⁾, M. C. B. AZEVEDO⁽²⁾,
K. R. P. SILVEIRA⁽⁴⁾, A. A. TREVISAN⁽⁴⁾ & I. M. MURATA⁽²⁾

RESUMO

A escarificação nas entrelinhas da soqueira da cana-de-açúcar, associada à adubação e à gradagem (tríplice cultivo), é adotada como um recurso para amenizar o problema da compactação do solo; entretanto, pouco se sabe de seus efeitos no enraizamento da soqueira. Objetivando estudar os efeitos da escarificação na pós-colheita de cana-de-açúcar nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho, na distribuição de raízes e na produtividade, realizou-se um ensaio na região do Arenito Caiuá, utilizando a terceira soca da variedade RB72454. Os tratamentos utilizados foram: E1: escarificação a 0,15 m de profundidade, adubação e gradagem; E2: escarificação a 0,30 m de profundidade, adubação e gradagem; GR: adubação e gradagem. Foram avaliados: densidade do solo, porosidade total e distribuição do tamanho de poros; distribuição do sistema radicular; produtividade, perfilhamento, diâmetro e comprimento médios dos colmos. A escarificação nas entrelinhas da soqueira de cana-de-açúcar alterou a densidade do solo, a macro e a microporosidade e, na profundidade de 0,15 m, proporcionou maior comprimento de raízes na camada de 0,25 a 0,50 m, porém não alterou a área e o comprimento totais de raízes para as outras condições estudadas, tampouco a produção da cultura.

Termos de indexação: *Saccharum* sp, manejo do solo, compactação, raízes.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado em Agronomia do primeiro autor, Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina – UEL. Recebido para publicação em outubro de 2002 e aprovado em agosto de 2004.

⁽²⁾ Mestrando em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina – UEL. Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Caixa Postal 6001, CEP 86.051-990 Londrina (PR). Bolsista CAPES. E-mail: mcbazevedo@hotmail.com

⁽³⁾ Professora do Departamento de Agronomia, UEL. E-mail: medina@uel.br

⁽⁴⁾ Graduando em Agronomia, UEL. Bolsista CNPQ. E-mails: xande.trevisan@bol.com.br; kleytonrps@yahoo.com.br

SUMMARY: *CHISEL PLOWING IN AN OXISOL IN POST HARVEST OF RATOON CANE*

Chisel plowing in-between rows of sugar cane ratoon, associated with fertilizer and harrowing (triple cultivation) is a common practice to reduce soil compaction, but little is known about its effects on ratoon rooting. The purpose of this study was to evaluate the effects of post-harvest chisel plowing on the physical properties of an Oxisol, root distribution, and yield. The experiment was set up in an Arenito Caiuá Soil and used the third ratoon of RB72454 sugar cane variety. The treatments were: E1: 0.15 m-deep chisel plowing, fertilization, and harrowing; E2: 0.30 m-deep chisel plowing, fertilization, and harrowing; GR: fertilization and harrowing. The following parameters were evaluated: soil bulk density, total porosity, pore size distribution, root system distribution, yield, tiller number, and stalk diameter and length. Chisel plowing in-between the ratoon cane rows altered the soil bulk density and pore size distribution. Soil management down to 0.15 m depth gave rise to longer roots in a depth of 0.25–0.50 m but affected neither the total root area and length for the other studied conditions nor the sugar cane yield.

Index terms: Saccharum sp, soil management, compaction, roots.

INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, as áreas cultivadas com cana-de-açúcar têm-se expandido consideravelmente no Brasil, sendo este o maior produtor mundial desta cultura (Orlando Filho et al., 1995). Os solos utilizados vão desde Neossolos Quartzarênicos a Latossolos, sendo estes os mais representativos (Silva & Ribeiro, 1997).

Os solos originados do Arenito Caiuá são classificados, em sua maior parte, como Latossolos, os quais apresentam propriedades físicas favoráveis à exploração agrícola e baixa fertilidade natural (SEAB/PR, 1994). No entanto, à medida que são utilizados para as atividades agrícolas, ocorrem modificações em suas propriedades físicas originais. Em virtude dessas alterações nas propriedades do solo, é comum a presença de uma camada compactada na parte superior do seu perfil. Nestas áreas, os valores de densidade do solo são mais elevados, a aeração é prejudicada, bem como a penetração e a proliferação de raízes (Corsini, 1993; Corsini & Ferraudo, 1999).

As raízes constituem uma parte da planta de extrema importância, uma vez que por meio delas é que ocorre a extração de água e nutrientes, além de servir, ainda, para fixar a planta no solo (Libardi & Lier, 1999).

O cultivo da cana-de-açúcar envolve o uso de máquinas agrícolas em todas as etapas, desde o preparo do solo até a colheita. Este tráfego de equipamentos pesados sobre o solo pode levar à compactação no perfil, com conseqüentes efeitos negativos na infiltração da água no solo e no desenvolvimento de raízes (Bastos, 1987). O sistema radicular, por sua vez, pode permanecer ativo por um longo período de tempo depois do corte da planta,

deixando de funcionar gradualmente, à medida que um sistema novo se forma, ao crescerem os perfilhos da soqueira (Humbert, 1974).

Desta forma, a compactação tem sido considerada um dos principais fatores que afetam a produtividade da cana-de-açúcar (Verma, 1995; Albuquerque & Reinert, 2001). Para contornar esse problema, é feita uma intervenção no solo num manejo de pós-colheita conhecido como tríplice cultivo, que tem os propósitos de descompactação, adubação química e controle de plantas daninhas. Este manejo visa minimizar o problema da compactação do solo por meio da escarificação nas entrelinhas da cultura. Entretanto, existem divergências quanto à sua realização, visto que se acredita que a escarificação possa causar danos ao sistema radicular ainda ativo, mas senescente, bem como ao que está em formação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da escarificação nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho, na distribuição das raízes e na produtividade de soqueira de cana-de-açúcar no Norte do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado no período de outubro de 2000 a julho de 2001, em solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico, localizado na região do Arenito Caiuá, cultivado há mais de 15 anos com cana-de-açúcar pela Cooperativa COCAFÉ, no município de Astorga (PR), situado à latitude de 23° Sul, longitude de 51° 30' Oeste e altitude de 550 m. O clima que caracteriza a região é do tipo subtropical úmido, segundo a classificação climática feita por Wilhelm Köppen, com

precipitação média anual de 1.614 mm e incidência média de radiação solar anual de 7,05 h dia⁻¹ (Corrêa et al., 1982). O balanço hídrico da safra de 2000/2001 encontra-se na figura 1.

No ano de plantio da variedade RB72454, em 1997, foram realizadas a correção do solo com calcário dolomítico, a adubação no sulco de plantio com 400 kg ha⁻¹ de 04-20-20 e a adubação de cobertura com 160 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. Nos anos seguintes (1998, 1999 e 2000), após as colheitas, fez-se adubação com 350 kg ha⁻¹ de 20-00-30 durante a realização do triplice cultivo (escarificação, adubação e gradagem na mesma operação). As colheitas anteriores ao ensaio eram feitas manualmente com a cana queimada, e, no momento do carregamento, entravam na área um trator e o caminhão transportador da cana colhida. As avaliações foram realizadas na terceira soqueira, que se encontrava num espaçamento de 1,30 m entre as linhas.

Os resultados das análises químicas do solo na profundidade de 0-0,10 m foram: pH (CaCl₂) - 4,80, H + Al - 1,84 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ - 0,1 cmol_c dm⁻³, M.O. - 9,2 g dm⁻³, Ca²⁺ - 0,71 cmol_c dm⁻³, K - 0,19 cmol_c dm⁻³, P - 6,6 mg dm⁻³. Na profundidade de 0,10 a 0,60 m, os resultados foram: pH (CaCl₂) 5,10, H + Al - 1,91 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ - 0,0 cmol_c dm⁻³, M.O. - 3,3 g dm⁻³, Ca²⁺ - 0,63 cmol_c dm⁻³, K - 0,11 cmol_c dm⁻³, P - 1,5 mg dm⁻³.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. O ensaio foi realizado em faixas, tendo cada tratamento seis linhas de 200 m, sendo as avaliações restritas às linhas centrais, deixando as extremidades como bordaduras. Os tratamentos, aplicados em 02/11/2000, foram: E1: escarificação a 0,15 m de profundidade, adubação e gradagem; E2: escarificação a 0,30 m de profundidade, adubação e gradagem; GR: adubação

e gradagem. O equipamento utilizado para esse triplice cultivo foi o Cultivador Triplice Operação, da empresa DMB, tracionado por trator Massey Ferguson (110 HP). A escarificação teve o objetivo de descompactar o solo na profundidade determinada para cada tratamento.

Foram, ainda, determinadas as propriedades físicas do solo em uma área onde não houve a interferência deste manejo (triplice cultivo), denominada "Referência", mas que vinha sendo utilizada da mesma forma dos tratamentos citados anteriormente. Não foram avaliados, nessa última área, o sistema radicular e a produtividade pelo fato de ser um local onde não foi realizada a adubação do solo, já que esta interfere no desenvolvimento da planta. A análise granulométrica do solo na camada de 0-0,25 m de profundidade mostrou 655 g kg⁻¹ de areia, 85 g kg⁻¹ de silte e 260 g kg⁻¹ de argila.

Foram coletadas, na segunda quinzena de novembro e na primeira de dezembro, amostras indeformadas, usando anel de 5,8 cm de diâmetro e 4 cm de altura para as determinações de densidade do solo, porosidade total e distribuição do tamanho de poros, esta última em mesa de tensão (Embrapa, 1997). As coletas foram efetuadas em quatro repetições, nas profundidades de 0-0,25 e 0,25-0,50 m, a 0,45 m da touceira. O modelo estatístico de análise de variância foi o de parcelas subdivididas, tendo sido o manejo considerado como tratamento principal e as profundidades como tratamento secundário. O teste Tukey (p < 0,05) foi usado para comparação de médias. Os dados de porosidade do solo (em porcentagem) foram submetidos à transformação $arc\ sen \sqrt{(P/100)}$, em que "P" é a porcentagem.

Para avaliação das raízes, em março de 2001, foram abertas quatro trincheiras por tratamento,

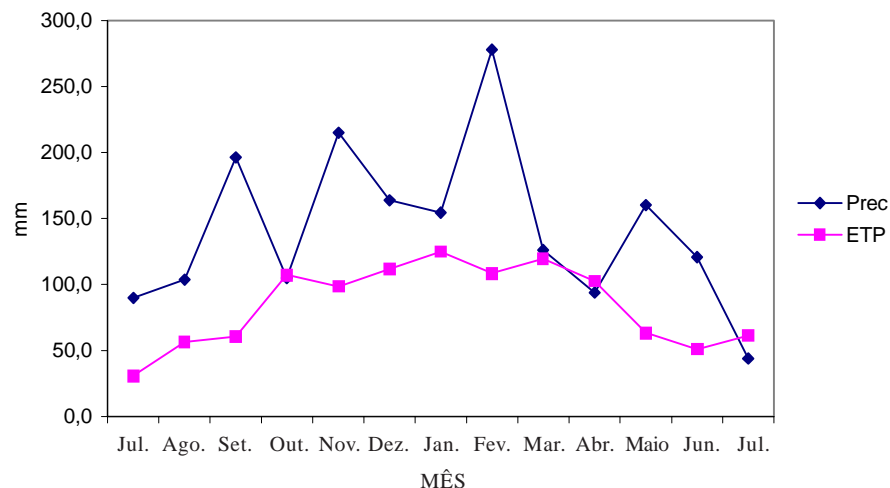


Figura 1. Balanço hídrico normal mensal, referente ao período de julho de 2000 a julho de 2001.

120 dias após o triplice cultivo (após o pleno desenvolvimento do novo sistema radicular), transversais à linha de plantio, com 0,75 m de largura, a partir da touceira, e 0,50 m de profundidade, conforme o método da parede do perfil (Böhm, 1979). O perfil foi, então, preparado e as raízes expostas com rolo escarificador. Em seguida, estas foram pintadas individualmente com tinta esmalte branca, para maior facilidade nas avaliações posteriores. Ajustou-se uma tela de malha 0,25 x 0,25 m no perfil (Cintra & Neves, 1996). A partir da touceira, foram feitas três fotos digitais na camada de 0–0,25 m de profundidade e três na de 0,25–0,50 m, obtendo-se, assim, seis imagens por repetição (trincheira). Estas imagens foram analisadas pelo programa SIARCS®, obtendo-se a área e o comprimento de raízes numa área de 0,325 m² (0,65 x 0,50 m), conforme Jorge et al. (1996). Analisou-se a imagem até à distância de 0,65 m da touceira pelo fato de a cana estar espaçada a 1,30 m entre as linhas e o método indicar a análise até à metade da entrelinha. O estudo estatístico constou de análise de variância complementada pelo teste de comparação de médias (Tukey, $p < 0,05$).

Para as avaliações referentes à produtividade, realizadas em julho de 2001, foram feitas sete repetições em cada tratamento, tendo cada parcela 39 m² (três linhas de 10 m, espaçadas em 1,30 m). Durante a colheita, em julho de 2001, todos os colmos das parcelas foram contados, para determinação do número de colmos por hectare. De cada parcela, foram separados 10 colmos seguidos na linha, para determinações da produtividade e do diâmetro e comprimento médio de colmos. Para a análise estatística, transformaram-se os dados de contagem de colmos por meio da raiz quadrada (\sqrt{n} ha⁻¹). O estudo estatístico destes dados constou do teste de comparação de médias (Tukey, $p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de densidade do solo variaram de 1,44 (área de referência) a 1,73 kg dm⁻³ (tratamento GR) (Quadro 1). As densidades do solo dos três tratamentos foram significativamente maiores do que as da referência.

O solo com tratamento E1 apresentou densidade do solo significativamente inferior ao do solo com tratamento E2 (1,57 kg dm⁻³ para o E1 e 1,63 kg dm⁻³ para o E2). Com isso, observou-se que a escarificação a 0,30 m de profundidade foi menos efetiva do que a escarificação a 0,15 m. Os valores de densidade do solo dos tratamentos E1 e E2 foram intermediários em relação à referência e ao tratamento GR, mas não são considerados valores elevados para este tipo de solo. Segundo Russell (1988), Barbieri et al. (1997) e Borges et al. (1999), valores altos de densidade do solo prejudicam o desenvolvimento das plantas, pela restrição à penetração de raízes.

A densidade mais elevada do tratamento GR (1,73 kg dm⁻³) indica a presença de compactação do solo, justificada pelo tráfego de veículos pesados na área por ocasião da colheita da cana-de-açúcar. Estes resultados estão de acordo com os de Medina (1985), Freitas (1987) e Bastos (1987), que afirmaram ser o intenso tráfego de maquinários um dos principais responsáveis pela compactação dos solos.

A escarificação não apresentou o efeito esperado: a descompactação do solo, com conseqüente aumento da macroporosidade. As macroporosidades dos tratamentos E2 e E1, com médias de 0,082 e 0,081 m³ m⁻³, respectivamente, e da Referência, com média de 0,0826 m³ m⁻³, foram significativamente superiores à do GR, com média de 0,065 m³ m⁻³, mas não diferiram entre si.

Quadro 1. Densidade do solo (Ds), macro e microporosidades e porosidade total em Latossolo Vermelho, em ensaio com manejo de pós-colheita de soqueira de cana-de-açúcar

Tratamento ⁽¹⁾	Ds	Macroporo	Microporo	Total
	kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³		
Referência	1,44 d ⁽²⁾	0,083 a	0,273 c	0,355 a
E1	1,57 c	0,081 a	0,292 b	0,370 a
E2	1,63 b	0,082 a	0,280 c	0,362 a
GR	1,73 a	0,065 b	0,320 a	0,385 a
0–0,25 m	1,59 A	0,078 A	0,284 A	0,361 A
0,25–0,50 m	1,58 A	0,077 A	0,300 A	0,380 A
C.V. parcela (%)	2,35	2,33	2,41	6,67
C.V. subparcela (%)	4,75	2,27	5,75	7,08

⁽¹⁾ Referência: testemunha (área não manejada); E1: escarificação a 0,15 m de profundidade, adubação e gradagem; E2: escarificação a 0,30 m de profundidade, adubação e gradagem; GR: adubação e gradagem. Profundidades avaliadas: 0–0,25 e 0,25–0,50 m. Parcelas: tratamento; subparcela: profundidades. ⁽²⁾ Letras minúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre os tratamentos e maiúsculas, diferença significativa entre as profundidades (Tukey, $p < 0,05$).

Em relação à microporosidade, a GR foi significativamente superior à dos demais tratamentos, com média de $0,320 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. A Referência e o E2 não diferiram entre si, sendo significativamente inferiores ao E1.

Houve predominância dos microporos em relação aos macroporos, em todos os tratamentos e nas duas profundidades (Quadro 1), sendo essa diferença mais acentuada entre o GR e a Referência, confirmando a compactação da área, pois, segundo Borges et al. (1999), a compactação causa um incremento na quantidade de poros menores.

Não houve diferença significativa de porosidade total entre a Referência e os tratamentos, e mesmo entre estes. Os valores variaram de $0,355$ a $0,385 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Para Kiehl (1979), um solo ideal para produção agrícola deve apresentar $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de porosidade total, sendo $1/3$ macroporos e $2/3$ microporos. Para Baver et al. (1972), o valor mínimo de macroporos deve ser de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para promover o desenvolvimento satisfatório do sistema radicular. Constatou-se que todos os tratamentos apresentaram microporosidade inferior ao valor mínimo, considerado o ideal por estes autores. Os baixos valores de porosidade total e microporosidade são conseqüência dos altos valores de densidade do solo encontrados (Carvalho et al., 1999). Silva & Ribeiro (1997), estudando o efeito de vários anos de cultivo convencional de cana-de-açúcar, verificaram que, nos solos com maior tempo de cultivo, a porosidade diminuía, com maior evidência para a microporosidade, visto que esta última representa os espaços entre os agregados mais afetados pelo manejo.

Esses resultados indicam que a escarificação do solo com o triplice cultivo se faz necessária tanto para reduzir a densidade do solo e a microporosidade quanto para aumentar a microporosidade, uma vez que na área onde esta não foi realizada (GR), estas propriedades apresentaram-se menos adequadas.

Não houve diferença significativa entre os manejos testados (E1, E2 e GR) para área e comprimento totais de raízes (Quadro 2), divergindo dos resultados encontrados por Duruoha et al. (2001), que verificaram que a compactação do solo reduz o desenvolvimento das raízes de cana-de-açúcar.

As diferenças não-significativas para área e comprimento de raízes são decorrentes, provavelmente, da grande variabilidade entre os ambientes radiculares, elevando a diferença mínima exigida para a significância. Esta variabilidade do solo é devida ao fato de as raízes crescerem ou se ramificarem em locais propícios ao seu desenvolvimento, desviando de zonas menos favoráveis, seguindo caminhos de menor resistência em fendas e canais formados pela fauna e matéria orgânica do solo (Atkinson, 1980). Outra explicação para a ausência

Quadro 2. Área e comprimento totais de raízes de soqueira de cana-de-açúcar em uma área de $0,325 \text{ m}^2$, em ensaio de manejos de pós-colheita

Tratamento ⁽¹⁾	Área	Comprimento
	cm^2	cm
E1	42,78 a ⁽²⁾	300,64 a
E2	39,03 a	299,20 a
GR	30,95 a	221,68 a
C.V. (%)	38,61	31,71

⁽¹⁾ E1: escarificação a 0,15 m de profundidade, adubação e gradagem; E2: escarificação a 0,30 m de profundidade, adubação e gradagem; GR: adubação e gradagem. ⁽²⁾ Letras diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa (Tukey, $p < 0,05$).

de diferença estatística entre os tratamentos é o fato de as três áreas se apresentarem compactadas e com baixa fertilidade, isto é, mesmo que o tratamento GR tenha apresentado condições físicas consideradas mais inadequadas ao desenvolvimento das raízes, estas condições foram limitantes também para os tratamentos E1 e E2.

Para a área de raízes em diferentes profundidades e distâncias da touceira, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Quadro 3). Quanto ao comprimento de raízes, somente na camada de 0,25 a 0,50 m houve diferença significativa, em que o tratamento E1 foi superior aos demais, com média de 0,810 m. Também não houve diferença significativa entre os tratamentos, com relação ao comprimento de raízes conforme a distância da touceira. O fato de não ter ocorrido esta diferença na distribuição de raízes entre os tratamentos, exceto para comprimento de raízes na camada de 0,25 a 0,50 m, pode ser conseqüência da boa condição hídrica do solo durante o desenvolvimento da terceira soca (Figura 1), indicando que o sistema radicular não teve necessidade de se aprofundar, mesmo que as condições físicas do solo se diferenciasssem. Além do mais, Duruoha et al. (2001), consideram a maior disponibilidade de água como fator de diminuição da resistência à penetração do solo.

Ivo (1999), estudando a distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo de Tabuleiro Costeiro sob diferentes preparos, concluiu que a distribuição das raízes no perfil mostra-se diferente entre os preparos, tendo as raízes, no local do preparo convencional raso, concentrado na área do sulco de plantio. Observou, ainda, que o preparo convencional profundo levou ao desenvolvimento mais uniforme das raízes. No presente trabalho, a escarificação mais profunda (E2) não resultou em maior distribuição de raízes em profundidade, ficando estas mais concentradas até 0,25 m de profundidade. O mesmo ocorreu com relação à distância da touceira (Quadro 3).

As produções da soqueira não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos (Quadro 4), mesmo que as propriedades físicas do solo tenham-se mostrado distintas. Estes resultados indicam que os manejos testados não alteraram a produtividade, o número de colmos, bem como seus comprimentos e diâmetros médios. Embora não tenha sido registrada diferença estatística no tratamento onde a escarificação foi realizada a 0,30 m (E2), verificou-se maior produção em virtude do maior número de colmos, contrastando com os resultados das propriedades físicas do solo, em que o tratamento E1 apresentou-se melhor. A semelhança entre os tratamentos pode ser reflexo da disponibilidade de água (Figura 1), visto que, em nenhum momento, os tratamentos passaram por estresse hídrico. Concluindo, não se observou redução de produção decorrente da compactação do solo, quando o regime hídrico foi adequado para o desenvolvimento da cultura. Segundo Fiorin et al. (1997), a restrição ao crescimento das raízes reduziu mais a produtividade das culturas em anos em que ocorreu déficit hídrico.

Rosolem et al. (1992), estudando a cultura do trigo, concluíram que o desenvolvimento do sistema radicular é proporcional ao da parte aérea, concordando com o presente trabalho, no qual tanto as raízes quanto a produtividade de colmos não diferiram entre si.

CONCLUSÕES

1. O manejo de pós-colheita em soqueiras de cana-de-açúcar alterou a densidade do solo, a macro e a microporosidade.

2. A escarificação a 0,15 m de profundidade proporcionou maior comprimento de raízes na camada de 0,25 a 0,50 m.

3. Não se observou redução na área e no comprimento de raízes e na produção de cana-de-açúcar decorrentes do nível de compactação do solo.

Quadro 3. Área e comprimento de raízes de soqueira de cana-de-açúcar em diferentes profundidades e distâncias da touceira, em ensaio de manejo de pós-colheita

Tratamento ⁽¹⁾	Profundidade (cm)		Distância (cm)	
	0-25	25-50	0-32,5	32,5-65,0
Área de raízes, cm ²				
E1	31,42 a ⁽²⁾	11,37 a	23,79 a ⁽¹⁾	19,00 a
E2	31,04 a	7,99 a	24,76 a	14,29 a
GR	23,40 a	7,55 a	17,70 a	13,25 a
C.V. (%)	45,28	25,10	43,37	37,60
Comprimento de raízes, cm				
E1	219,69 a ⁽¹⁾	80,95 a	160,92 a ⁽¹⁾	139,72 a
E2	245,56 a	53,64 b	192,12 a	107,08 a
GR	170,14 a	51,55 b	133,77 a	87,90 a
C.V. (%)	40,12	18,60	34,12	38,87

⁽¹⁾ E1: escarificação a 0,15 m de profundidade, adubação e gradagem; E2: escarificação a 0,30 m de profundidade, adubação e gradagem; GR: adubação e gradagem. ⁽²⁾ Letras diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa (Tukey, $p < 0,05$).

Quadro 4. Produtividade, número de colmos, comprimento e diâmetro médios de colmos de cana-de-açúcar, em ensaio de manejo pós-colheita

Tratamento ⁽¹⁾	Produtividade	Colmo		
		Número	Comprimento	Diâmetro
	t ha ⁻¹	√n ha ⁻¹	m	cm
E1	78,34 a ⁽²⁾	284,26 a	1,81 a	2,22 a
E2	98,72 a	309,33 a	2,03 a	2,35 a
GR	90,93 a	293,62 a	2,02 a	2,46 a
C.V. (%)	27,60	24,31	8,75	7,77

⁽¹⁾ E1: escarificação a 0,15 m de profundidade, adubação e gradagem; E2: escarificação a 0,30 m de profundidade, adubação e gradagem; GR: adubação e gradagem. ⁽²⁾ Letras diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa (Tukey, $p < 0,05$).

LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, J.A. & REINERT, D.J. Densidade radicular do milho considerando os atributos de um solo com horizonte B textural. R. Bras. Ci. Solo, 25:539-549, 2001.
- ATKINSON, D. The distribution and effectiveness of the root of tree crops. Hortic. Rev., 2:424-490, 1980.
- BARBIERI, J.L.; ALLEONI, L.R.F. & DONZELLI, J.L. Avaliação agrônômica e econômica de sistemas de preparo de solo para cana-de-açúcar. R. Bras. Ci. Solo, 1:89-98, 1997.
- BASTOS, S.A. Cana-de-açúcar, o verde mar de energia. São Paulo, Ícone, 1987. 127p.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H. & GARDNER, W.R. Soil physics. 4.ed. New York, John Wiley & Sons, 1972. 529p.
- BÖHM, W. Methods of studying root systems. New York, Springer-Verlag, 1979. 185p.
- BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G.F. & BORGES, E.V.S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em Latossolo Vermelho-Escuro textura média. Pesq. Agropec. Bras., 34:1663-1667, 1999.
- CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.S. & COSTA, L.M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. Pesq. Agropec. Bras., 34:257-265, 1999.
- CINTRA, L.F.D. & NEVES, C.S.V.J. Aspectos metodológicos do estudo do sistema radicular de plantas perenes através de imagens. B. Soc. Bras. Ci. Solo, 21:91-94, 1996.
- CORRÊA, A.R.; GODOY, H. & BERNARDES, R.L.M. Características climáticas de Londrina. 2.ed. IAPAR, Londrina, 1982, 16p. (Circular, 5)
- CORSINI, P.C. Problemas causados pela compactação dos solos. STAB, 18:8-12, 1993.
- CORSINI, P.C. & FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e na macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. Pesq. Agropec. Bras., 34:289-298, 1999.
- DURUOHA, C.; BENEZ, S.H. & CRUSCIOL, C.A.C. Desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) em função da compactação, do tipo de solo e do teor de água. Energia Agric., 16:35-46, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FIORIN, J.E.; REINERT, D.J. & ALBUQUERQUE, J.A. Armazenamento de água no solo e produtividade da cultura de milho em um Podzólico Vermelho-Amarelo. R. Bras. Ci. Solo, 21:249-255, 1997.
- FREITAS, G.R. Preparo do solo. In: PARANHOS, S.B., coord. Cana-de-açúcar – cultivo e utilização. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.271-283.
- HUMBERT, R.P. El cultivo de la caña de azucar. México, Companhia Editorial Continental, 1974. 719p.
- IVO, W.M. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo de tabuleiro costeiro. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, Aracaju, 1999. Anais. Aracaju, Embrapa – Tabuleiros Costeiros, 1999. p.101-114.
- JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; ABI SAAB, O.J.G.; MEDINA, C.C.; GUIMARÃES, M.F.; NEVES, C.S.V.J.; CRESTANA, S.; CINTRA, F.L.D.; BASSOI, L.H. & FERNANDES, S.B.V. Aquisição de imagens de raízes. In: JORGE, L.A.C., ed. Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do SIARCS. São Carlos, Embrapa – Instrumentação Agropecuária, 1996. CD-ROM.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia: relação solo-planta. São Paulo, Ceres, 1979. 262p.
- LIBARDI, P.L. & LIER, Q.J.V. Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: MEDOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS. Aracaju, 1999. Anais. Aracaju, Embrapa – Tabuleiros Costeiros, 1999. p.47-56.
- MEDINA, B.F. Influência de dois métodos de preparo de área na compactação de um Latossolo Amarelo. R. Bras. Ci. Solo, 9:67-71, 1985.
- ORLANDO FILHO, J.; BITTENCOURT, V. C. & ALVES, M. C. Aplicação de vinhaça em solo arenoso do Brasil e poluição do lençol freático com nitrogênio. STAB, 13:14-16, 1995.
- ROSOLEM, C.A.; FURLANI JÚNIOR, E.; BICUDO, S.J.; MOURA, E.G. & BULHÕES, L.H. Preparo do solo e sistema radicular do trigo. R. Bras. Ci. Solo, 16:115-120, 1992.
- RUSSELL, E.W. Soil conditions and plant growth. 11.ed. New York, Alan Wild, 1988. 991p.
- SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. PARANÁ RURAL - SEAB/PR. Programa de Desenvolvimento Rural do Paraná. Manual técnico do sub-programa de manejo e conservação do solo. Curitiba, 1994. 372p.
- SILVA, A.J.N. & RIBEIRO, M.R. Caracterização de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no estado de Alagoas: atributos morfológicos e físicos. R. Bras. Ci. Solo, 21:677-684, 1997.
- VERMA, R.S. Ratoon decline in sugar cane. Cooperative Sugar, 26:349-351, 1995.

