

# Efeito da escarificação de um latossolo vermelho em pós colheita de cana-de-açúcar

## Effect of scarification of a haplustox in post harvest cane sugar

Eber A. F. Prado<sup>1</sup>, Marcos V. Garbiate<sup>1</sup>, Antonio C. T. Vitorino<sup>1</sup>, Anderson C. Bergamin<sup>2</sup> e Simone C. Ensinas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, Cep, 79800-000, Dourados, MS, Brasil. E-mails: eberprado@hotmail.com, author for correspondence; marcos\_garbiate@yahoo.com.br; antoniovitorino@ufgd.edu.br

<sup>2</sup> Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Rondônia, Campus de Rolim de Moura, UNIR, Cep, 76940-000, Rolim de Moura, RO, Brasil. E-mail: andersonbergamin@hotmail.com

Recebido/Received: 2014.07.01  
Aceite/Accepted: 2014.07.28

### RESUMO

A cultura de soqueiras tem sido adotada como prática essencial para elevar a longevidade das soqueiras de cana-de-açúcar, uma vez que, esta prática é adotada como recurso para reduzir a compactação do solo. Com o objetivo de avaliar os efeitos da escarificação em pós-colheita de cana-de-açúcar nos atributos físicos do solo e na produtividade de cana-de-açúcar, foi realizado um ensaio na região de Ponta Porã-MS, utilizando terceira soca da cultivar 'SP81 3250'. Foram utilizados os seguintes tratamentos: T1: escarificação a 15 cm de profundidade + adubação; T2: escarificação a 30 cm de profundidade + adubação; T3: adubação e T4: testemunha sem escarificação e sem adubação. Posteriormente foram avaliados a resistência a penetração, densidade e porosidade do solo, além da altura de plantas, diâmetro e número de colmos, produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar. A escarificação promoveu diferenças significativas na resistência a penetração, densidade do solo e macroporosidade apenas na camada de 0-15 cm, não apresentando diferença na camada de 15-30 cm. No entanto, não houve diferença significativa na produção de cana-de-açúcar e nas características tecnológicas da cultura.

**Palavras-chave:** física do solo, qualidade do solo, manejo do solo.

### ABSTRACT

The cultivation of ratoon has been adopted as an essential practice to increase the longevity of ratoon cane sugar, since this practice is adopted as a feature to reduce soil compaction. With the objective of evaluating the effects of scarification on post-harvest sugar cane in soil physical properties and yield of cane sugar, an assay was performed in the region of Ponta Porã - MS, using the third ratoon. T1: variety 'SP81 3250' the treatments were chisel tillage depth of 15 cm + fertilizer; T2: chiseling 30 cm depth + fertilization; T3: T4 and fertilization: control without chiseling and without fertilization. The soil measurements performed were the resistance to penetration, density and porosity of the soil, and in addition plant height, diameter and number of stems; productivity and technological characteristics of cane sugar were evaluated. The chiseling caused significant differences in penetration resistance, bulk density and macroporosity in the 0-15 cm layer, but no difference were found in the 15-30 cm layer. There were no significant differences in the production of cane sugar and the technological characteristics of the crop.

**Keywords:** soil physics, soil quality, soil management

## Introdução

A modernização da agricultura, acompanhada pelo aumento do peso do maquinaria e implementos agrícolas, bem como da intensidade de uso do solo, principalmente em áreas com a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), é a principal causa da compactação do solo, trazendo prejuízos para a produtividade da cultura (Roque *et al.*, 2011). O que segundo van Lier (2010), o processo de compactação do solo pode ser decorrente da alteração da porosidade do solo, que é determinada pela geometria das partículas e arranjo dos poros existentes, que são induzidos pelos sistemas de manejo. Neste sentido o manejo do solo dos canaviais torna-se importante, pois interfere na microporosidade que tem função de retenção e armazenamento de água no solo e na macroporosidade que tem função de arejamento e infiltração da água no solo. Tomasini *et al.* (2010), verificaram que o sistema de colheita mecanizada de cana-de-açúcar promove a redução da macroporosidade e aumento da densidade acarretando uma redução na taxa de infiltração de água no solo devido ao processo de compactação causado por este sistema de colheita.

Os principais efeitos negativos da compactação do solo são a diminuição da taxa de infiltração da água e condutividade hidráulica do solo (Maia e Ribeiro, 2004), aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, redução do arejamento e da disponibilidade de água e nutrientes, e, conseqüentemente, decréscimo na produtividade agrícola (Goedert *et al.*, 2002). Iaia *et al.* (2006) destacam uma intensa degradação da qualidade física do solo, considerando que o tráfego desses equipamentos de forma repetitiva induz a mudanças no comportamento das partículas do solo.

Dentre os atributos físicos utilizados para avaliar a compactação do solo, a resistência do solo à penetração e a densidade do solo têm tido prioridade para avaliar sistemas de uso e manejo, por serem atributos relacionados com o crescimento das plantas e de fácil e rápida determinação (Busscher *et al.*, 2000).

A resistência à penetração é um termo utilizado para descrever a resistência física que o solo oferece a algo que tenta mover-se através dele, como uma raiz em crescimento ou uma ferramenta de cultivo (Pedrotti *et al.*, 2001). Essa resistência geralmente aumenta com a compactação e com a redução da humidade do solo, sendo indesejável em certos limites, para o crescimento das plantas, o que pode ocasionar uma redução no desenvolvimento do sistema radicular (Severiano *et al.*, 2008; Bengough e Mullins, 1990).

Para contornar esse problema, atualmente vem sendo empregue uma intervenção no solo num manejo pós-colheita de cana crua, com o objetivo de descompactação do solo e aplicação de adubação química por meio da escarificação nas entrelinhas da cultura. Camilotti *et al.* (2005) verificou que a escarificação das soqueiras de cana-de-açúcar favorece o aumento da macroporosidade com conseqüente redução da microporosidade.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho consistiu em avaliar os efeitos da escarificação nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico e na produtividade de soqueira de cana-de-açúcar, no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma área comercial da empresa Monte Verde no município de Ponta Porã, MS, no ano agrícola 2010/2011. O local situa-se na latitude de 22° 14' 08" S, longitude de 54° 59' 13" W e altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen.

No ano da plantação da cultivar 'SP81 3250', em 2007, foram realizadas a correção do solo com calcário dolomítico. Nos anos seguintes, após as colheitas, fez-se a adubação com 470 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 22-00-18 durante a realização da cultura das soqueiras. As colheitas anteriores ao ensaio foram feitas de forma mecanizada com a cana crua utilizando-se uma colhedora Modelo 3520 com rodado de esteira, sendo a cana-de-açúcar recolhida com trator Modelo BH 180 puxando transbordo com pneus de baixa pressão e alta flutuação.

O ensaio foi conduzido em Latossolo Vermelho distroférico, cuja composição granulométrica, determinada pelo método da pipeta (Donagema, 2011), na camada de 0-0,15 m foi: 644 g kg<sup>-1</sup> de argila, 203 g kg<sup>-1</sup> de silte e 153 g kg<sup>-1</sup> de areia nos primeiros 0,20 m. As características químicas foram: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,7; Ca<sup>2+</sup> = 69,2 mmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 31,0 mmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,0 mmolc dm<sup>-3</sup>; H + Al = 58,0 mmolc dm<sup>-3</sup>; P = 7,0 mg dm<sup>-3</sup>; K = 5,1 mmolc dm<sup>-3</sup>; e MO = 37 g kg<sup>-1</sup> (Donagema, 2011).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições. As parcelas eram constituídas por 6 linhas de 8 m de comprimento com espaçamento entre linhas de 1,5 m, totalizando 72 m<sup>2</sup>. Os tratamentos avaliados foram: T1: escarificação a 15 cm de profundidade + adubação; T2: escarificação a 30 cm de profundidade + adubação; T3: adubação e T4: testemunha sem escarificação e sem adubação. O equipamento utilizado para

o cultivo das soqueiras foi o cultivador São Francisco com haste simples da marca DMB tracionado por trator modelo BX 61 80.

Para as determinações de densidade do solo, resistência a penetração e espaço poroso do solo, foram colhidas amostras com estrutura preservada em cilindros metálicos com 5,57 cm de diâmetro e 4,1 cm de altura, nas profundidades de 0-0,15 m e 0,15-0,30 m. As amostras foram retiradas a 0,65 m da linha da cana-de-açúcar. Em cada parcela e profundidade foram coletadas três subamostras, sendo utilizado o valor médio como representativo.

Após a preparação das amostras, estas foram saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água até atingir cerca de dois terços da altura do anel, em seguida as amostras foram levadas para a mesa de tensão e submetidas à tensão de 6 KPa, conforme descrito em Donagema (2011). Quando as amostras atingiram o equilíbrio nessa tensão foi medida a resistência a penetração utilizando um penetrógrafo eletrônico com velocidade constante de penetração de 1 cm min<sup>-1</sup>, com diâmetro de base da haste de 4 mm e semi-ângulo de 30°, desenvolvido por Serafim *et al.* (2008). A frequência de leituras de RP correspondeu à colheita de um valor a cada 0,20 s, obtendo-se 300 leituras por amostra, sendo utilizado o valor médio.

Após a determinação da RP, as amostras foram levadas à estufa a 105–110 °C por 48-h, para se determinar a humidade volumétrica e a densidade pelo método do anel volumétrico. A macroporosidade, microporosidade e a porosidade total foram obtidas de acordo com Donagema (2011).

Para as avaliações referentes à produtividade, realizadas em agosto de 2011, foi realizada a contagem do número de colmos presentes em 4 m da linha central de cada parcela. Posteriormente foram selecionados ao acaso 10 colmos por parcela para determinação da produtividade, diâmetro e comprimento médio de colmos. Em seguida os mesmos 10 colmos utilizados para determinação da produtividade foram levados para análise no Laboratório de Análises Tecnológicas da empresa Monte Verde, onde se determinou: Brix % (percentagem em peso de sólidos solúveis aparentes); Pol % (percentagem da sacarose aparente); Pureza %; Fibra %; PCC % (percentagem de açúcar) e ATR (Açúcar total recuperável).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, foi aplicado o teste SNK 5 %, para comparação de médias.

## Resultados e Discussão

A temperatura média durante a condução do estudo no ano de 2010/2011 foi de 22,4°C, muito semelhante a média acumulada de 34 anos que foi de 22,6°C. A precipitação durante a condução do ensaio ficou em 1275 mm, acima dos 954 mm da média acumulada de 34 anos para a região de Dourados (Embrapa, 2014). Os dados relativos à temperatura média e à precipitação acumulada durante o período de execução do trabalho são apresentados na Figura 1.

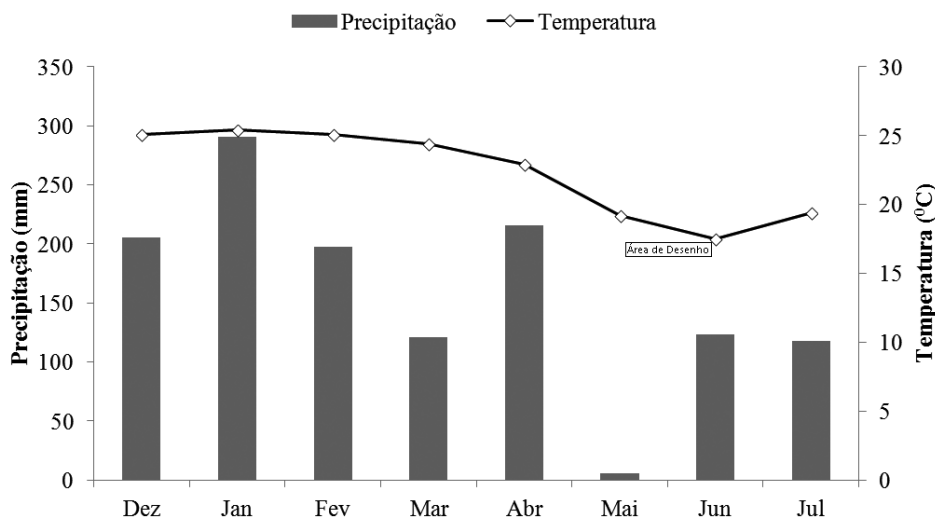


Figura 1– Precipitação e temperatura média durante o período experimental.

A escarificação das soqueiras promoveu a mobilização do solo, ocasionando aumento de volume, com consequente redução na densidade do solo na profundidade de 0,0 - 0,15 m (Quadro 1). Os manejos em que foram empregados a escarificação E1 e E2 apresentaram valores de densidade do solo 7,5% e 8,2% respectivamente, menores do que a testemunha sem escarificação, o que está de acordo com Paulino *et al.* (2004), que verificou que a escarificação nas entrelinhas da soqueira da cana-de-açúcar altera a densidade do solo na profundidade de 0,15 m. O que também corrobora com Garbiate (2013) que ao estudar o efeito de diferentes escarificadores e profundidades de operação sobre os atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico com cana obteve redução de 6,3% da densidade do solo em relação a testemunha não escarificada.

Para a camada de 0,15 - 0,30 m não foram encontradas diferenças significativas para os valores de densidade do solo. De acordo com Araujo *et al.* (2004), as diferenças devido a escarificação na densidade do solo na camada de 0,0 - 0,15 m indicam a persistência dos efeitos da escarificação, provavelmente associados à maior estabilidade estrutural do solo decorrente do maior crescimento radicular nesta camada. Já na camada de 0,15 - 0,30 m, a reconsolidação do solo, associada à menor eficiência da esca-

rificação nesta camada, pode justificar a semelhança nos valores de densidade do solo.

A resistência do solo a penetração teve relação direta com a densidade do solo (Quadro 1). Observa-se que os tratamentos E1 e E2 apresentaram os menores valores de resistência a penetração, não diferindo entre si na camada de 0,0 - 0,15m. Dessa forma verifica-se que os tratamentos E1 e E2 promoveram valores de resistência a penetração 37,5% e 42,8% respectivamente menores que a testemunha. O que está de acordo com Garbiate (2013) que ao trabalhar com escarificação de cana-de-açúcar a 0,15 e 0,30 m de profundidade apresentam comportamento semelhante, reduzindo a resistência a penetração até a camada de 0,30 m de profundidade.

Os valores de RP encontrados no trabalho estão abaixo de 2 MPa, que tem sido frequentemente usado como crítico para o crescimento das plantas (Tormena *et al.*, 1998; Bergamin *et al.*, 2010). De acordo com Beutler *et al.* (2001) valores de RP entre 0,1 – 1 MPa são classificados como valores baixos. No entanto, deve-se salientar que os baixos valores de RP refletem o conteúdo de água do solo, uma vez que, com o aumento no teor de água ocorre um decréscimo na atuação das forças de coesão entre as partículas do solo, provocando diminuição na resistência mecânica (Cunha *et al.*, 2002).

**Quadro 1** – Densidade do solo (Ds), umidade volumétrica (Um) e resistência do solo à penetração (Rp) em função dos tratamentos aplicados em soqueira de cana-de-açúcar.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	Rp (Mpa)	Um (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
<b>0-0,15 m</b>			
E1	1,47a	0,35a	0,26
E2	1,46a	0,32a	0,26
Ad	1,58b	0,50b	0,28
Testemunha	1,59b	0,56b	0,27
F	12,94*	7,09*	1,44 <sup>ns</sup>
CV%	2,75	23,06	5,23
<b>0,15-0,30 m</b>			
E1	1,54	0,43	0,28
E2	1,51	0,42	0,27
Ad	1,54	0,53	0,28
Testemunha	1,54	0,48	0,28
F	0,71 <sup>ns</sup>	2,67 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>
CV%	3,39	16,07	3,19

<sup>(1)</sup>E1: escarificação a 0,15m de profundidade + adubação; E2: escarificação a 0,30m + adubação; Ad: adubação; testemunha: área não manejada. Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste de SNK a 5% de probabilidade.

Os valores de macroporosidade e porosidade total, como era de se esperar, apresentaram comportamento oposto ao da densidade do solo, tendo os manejos com escarificação (E1 e E2) apresentado maiores valores para estes atributos em relação aos demais tratamentos na camada de 0,0 - 0,15 m, fato não observado para a camada de 0,15 - 0,30 m. Araujo *et al.* (2004) encontraram mudanças na qualidade física de Latossolo Vermelho distroférrico após a escarificação, o qual promoveu benefícios na camada de 0 - 0,15 m, principalmente em relação a porosidade de aeração.

Nos sistemas sem escarificação (Ad e testemunha) na camada de 0,0 - 0,15 m, os valores de macroporos foram inferiores a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , indicando prováveis limitações ao arejamento do solo. Feng *et al.*

(2002) afirmaram que esse valor para solos argilosos já causa inibição ao fornecimento adequado de  $\text{O}_2$  às plantas, sendo necessários valores mais altos que  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de porosidade de aeração. Entretanto, de maneira geral, o valor dado como crítico para as plantas é de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (Pagliai *et al.*, 2003), abaixo da qual a difusão de oxigênio se torna limitante ao funcionamento das raízes (Cunha *et al.*, 2010).

Esses resultados indicam que a escarificação do solo nas entrelinhas da cana-de-açúcar é necessária tanto para reduzir a densidade quanto para aumentar a porosidade do solo, como relatado por Paulino *et al.* (2004).

Os valores das características tecnológicas da cana-de-açúcar submetida aos diferentes manejos de soqueiras são apresentados no Quadro 3. Pelos resul-

**Quadro 2** – Macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e volume total de poros (VTP) em função dos tratamentos aplicados em soqueira de cana-de-açúcar.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Macro ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Micro ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	VTP ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
<b>0-0,15 m</b>			
E1	0,13a	0,32	0,45a
E2	0,14a	0,31	0,45a
Ad	0,09b	0,33	0,42b
Testemunha	0,09b	0,33	0,42b
F	13,15*	1,69 <sup>ns</sup>	6,26*
CV%	15,26	5,07	4,28
<b>0,15-0,30 m</b>			
E1	0,10	0,34	0,43
E2	0,12	0,33	0,44
Ad	0,10	0,34	0,44
Testemunha	0,11	0,34	0,45
F	0,91 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>
CV%	18,84	2,76	5,08

<sup>(1)</sup>E1: escarificação a 0,15m de profundidade + adubação; E2: escarificação a 0,30m + adubação; Ad: adubação; Referência: testemunha (área não manejada). Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste de SNK a 5% de probabilidade.

tados obtidos observa-se que não houve efeito significativo dos tratamentos na qualidade tecnológica dos colmos da soqueira de cana-de-açúcar. Assim, os resultados deste trabalho estão de acordo com os obtidos por Campanhão (2003).

Normalmente, a ausência de efeitos significativos no rendimento de açúcar, deve-se, ao fato dos tratamentos não afetarem o rendimento de colmos (Prado e Pancelli, 2006). Uma vez que existe relação direta de rendimento de colmos e rendimento de

açúcar por área (Prado, 2001). Neste sentido, Campanhão (2003) verificou que o cultivo de soqueiras de cana-de-açúcar não influenciou a produção de colmos por ha e conseqüentemente não houve efeito significativo para as características tecnológicas. Também Orlando Filho *et al.* (1994) em solo Latossolo Vermelho Escuro não obteve respostas ao cultivo das soqueiras com palha residual da colheita mecanizada.

**Quadro 3** – Efeitos do cultivo de soqueiras nas características tecnológicas da cana-de-açúcar.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Pol	<sup>0</sup> Brix	ARcaldo	Pureza	PCC	ARcana	Fibra	ATR
	----- % caldo -----			-----% cana-----			kg t <sup>-1</sup>	
E1	38,95	14,26	0,89	79,97	9,74	0,77	11,54	100,83
E2	42,71	14,11	1,97	74,91	9,03	0,91	11,75	95,26
Ad	43,74	14,03	0,99	77,25	9,25	0,84	11,70	96,82
Referência	46,00	13,78	1,23	70,30	8,27	1,04	11,56	89,22
Teste F	1,07 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>
CV%	13,28	3,79	27,77	11,20	13,48	27,03	3,51	10,10

<sup>(1)</sup>E1: esscarificação a 0,15m de profundidade + adubaço; E2: esscarificação a 0,30m + adubaço; Ad: adubaço; Referência: testemunha (área não manejada). ns não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Pol % (percentagem da sacarose aparente); Brix % (percentagem em peso de sólidos solúveis aparentes); PCC % (percentagem de açúcar); ATR (açúcar total recuperável); AR (açúcar redutor).

Em relação aos dados de produção da cana-de-açúcar, verificou-se que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos (Quadro 4), mesmo que os atributos físicos do solo tenham sido distintos. Estes resultados indicam que os manejos testados não alteraram a produtividade, o número de colmos, bem como seus comprimentos e diâmetros médios. A semelhança entre os tratamentos pode ser reflexo do novo espaçamento da cultura, uma vez que, com a colheita mecanizada o espaçamento entre linhas passou para 1,5 m. De acordo com Benedini e Conde (2008), o espaçamento de 1,5 m entre linhas é o ideal para evitar o tráfego de maquinários sobre as linhas da cana-de-açúcar.

No entanto, como a operação de esscarificação é realizada no meio da entrelinha da cultura, ou seja, a 0,75m da linha, provavelmente o efeito benéfico da operação nos atributos físicos ficou restrito à entrelinha, não refletindo em benefício para a cultura. Paulino *et al.* (2004), avaliando os efeitos da esscarificação na pós colheita de cana-de-açúcar na distribuição de raízes, verificou que a esscarificação não resultou em maior distribuição de raízes em profundidade nem em relação a sua distância da touceira. O que pode ser explicado pela preferência em que as raízes têm em crescer e desenvolver-se nos canais deixados com a morte das raízes velhas (Calonego *et al.*, 2011).

**Quadro 4** – Valores dos componentes de produção de soqueira de cana-de-açúcar em função dos tratamentos.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Altura de planta	Colmos/ha	Diâmetro de colmo	Produtividade
	m	n	mm	kg ha <sup>-1</sup>
E1	1,57	91987	20,41	49846
E2	1,6	82500	20,62	51586
Ad	1,48	84562	20,48	46718
Referência	1,5	93637	20,49	41036
Teste F	0,50 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>
CV%	8,79	18,07	4,73	20,69

<sup>(1)</sup>E1: esscarificação a 0,15m de profundidade + adubaço; E2: esscarificação a 0,30m + adubaço; Ad: adubaço; Referência: testemunha (área não manejada). ns não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

Novos estudos que levem em consideração a quantidade de asteas do escarificador e a sua distância da touceira de cana-de-açúcar devem ser realizados.

## Conclusão

A escarificação em soqueiras de cana-de-açúcar alterou a resistência a penetração, densidade e porosidade do solo na camada de 0-0,15 m.

Recomenda-se o uso de escarificação do solo por ela promover a melhoria na qualidade física do solo na cama 0 - 0,15 m.

Não foram observadas alterações nas características tecnológicas e na produtividade da cultura.

## Referências Bibliográficas

- Araujo, M.A.; Tormena, C.A.; Inoue, T.T. e Costa, A.C.S. (2004) - Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo Vermelho Distroférico após treze anos de semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 28, n. 3, p. 495-504.
- Benedini, M.S. e Conde, A.J. (2008) - Sistematização de área para colheita mecanizada da cana-de-açúcar. *Revista Coplana*, vol. 5, n. 53, p. 23 - 25.
- Benghough, A. G. e Mullins, C. E. (1990) - Mechanical impedance to root growth responses: a review of experimental techniques and root growth responses. *Journal Soil Science*, vol. 41, n. 3, p. 341 - 358.
- Bergamin, A.C.; Vitorino, A.C.T.; Franchini, J.C.; Souza, C.M.A. e Souza, F.R. (2010) - Compactação de um Latossolo Vermelho Distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 34, n. 3 p. 681-691.
- Beutler, A.N.; Silva, M.L.N.; Curi, N.; Ferreira, M.M.; Cruz, J.C. e Pereira filho, I.A. (2001) - Resistência a penetração e permeabilidades de Latossolo Vermelho Distroférico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 25, n. 3, p. 167-177.
- Busscher, W. J. (2000) - Timing effects of deep tillage on penetration resistance and wheat and soybean yield. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 64, n. 3, p. 999-1003.
- Calonego, J.C.; Borghi, E. e Crusciol, C.A.C. (2011) - Intervalo hídrico ótimo do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 35, n. 6, p. 2183-2190.
- Camilotti, F.; Andrioli, I.; Dias, F.L.F.; Casagrande, A.A.; Silva, A.R.; Mutton, M.A. e Centurion, J.F. (2005) - Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, vol. 25, n. 1, p. 189-198.
- Campanhão, J.M. (2003) - Manejo da soqueira de cana-de-açúcar submetida a queima acidental da palhada remanescente da colheita mecanizada. *Dissertação de Mestrado*. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 91p.
- Cunha, E. Q.; Stone, L. F.; Moreira, J. A. A.; Ferreira, E. P. B. e Didonet, A. D. (2010) - Atributos físicos do solo sob diferentes preparos e coberturas influenciados pela distribuição de poros. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 14, n. 11, p. 1160 - 1169.
- Cunha, J.P.A.R.; Vieira, L.B. e Magalhães, A.C. (2002) - Resistência mecânica do solo a penetração sob diferentes densidades e teores de água. *Engenharia na Agricultura*, vol. 10, n. 1-4, p. 7.
- Donagem, G.K. (2011) - *Manual de métodos de análise de solos*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Embrapa solos, 212p.
- EMBRAPA (2014) - CPAO. Guia Clima. Dourados: EMBRAPA CPAO, 2014. Disponível em: <http://www.cpaio.embrapa.br/clima/index.php?lc=site/estatisticas/estatisticas-ver-dados>
- Feng, G.; Wu, L. e Letey, J. (2002) - Evaluating aeration criteria by simultaneous measurement of oxygen diffusion rate and soil-water regime. *Soil Science*. Madison, vol. 167, n. 8, p. 495-503.
- Garbiate, M. V. (2013) - Qualidade estrutural de um Latossolo Vermelho distroférico submetido à escarificação pós colheita mecanizada de cana-de-açúcar. *Dissertação de Mestrado*. Dourados, Universidade Federal da Grande Dourados. 67p.
- Goedert, W.J.; Schermack, M.J. e Freitas, F.C. (2002) - Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, vol. 37, n. 2, p. 223-227.
- Iaia, A.M.; Maia, J.C.S. e Kim, M.E. (2006) - Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 10, n. 2, p. 523-530.
- Maia, J.L.T. e Ribeiro, M.R. (2004) - Propriedades de um Argilossolo Amarelo fragipânico de Alagoas sob cultivo contínuo da cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, vol. 39, n. 1, p. 79-87.
- Orlando Filho, J.; Carmello, Q.A.C.; Pexe, C.A. e Glória, A.M. (1994) - Adução de soqueiras de

- cana-de-açúcar sob dois tipos de despalha: cana crua x cana queimada. *STAB: Açúcar e Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, vol. 12, n. 4, p. 7-11.
- Pagliai, M.; Marsili, A.; Servadio, P.; Vignozzi, N. e Pellegrini, S. (2003) - 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 Tillage Research*, vol. 73, n. 1 – 2, p.119-129.
- Paulino, A.F.; Medina, C.C.; Azevedo, M.C.B.; Silveira, K.R.P.; Trevisan, A.A.; Murata, I.M. (2004) - Escarificação de um Latossolo Vermelho na pós-colheita de soqueira de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 28, n. 5, p. 911-917.
- Pedrotti, A.; Pauletto, E. A.; Crestana, S.; Ferreira, M. M.; Dias Junior, M, S.; Gomes, A. S. e Turatti, A. L. (2001) - Resistência mecânica a penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciências do solo*, v. 25, n. 3, p. 251–529.
- Prado, R. M. e Pancelli, M.A. (2006) - Nutrição nitrogenada em soqueiras e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. *STAB: Açúcar e Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, vol. 25, n. 2. p. 60 – 63.
- Prado, R.M. (2001) - Qualidades tecnológicas da cana-planta e da cana-soca em função da aplicação da escória de siderurgia e do calcário. *Scientia Agrária*, Curitiba, vol. 2, n. 1-2, p. 61-66.
- Roque, A. A. O. Souza, Z. M. Araujo e F. S. Silva, G. R. V. (2011) - Atributos físicos do solo e intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico sob controle de tráfego agrícola. *Ciência Rural*. vol. 41, n. 9, p. 1536 – 1542.
- Serafim, M.E.; Vitorino, A.C.T.; Souza, C.M.A.; Prado, E.D.; Venturin, J.C. e Yamamoto, N.T. (2008) - Desenvolvimento de um penetrógrafo eletromecânico de bancada. *Revista Ciência e Tecnologia Agropecuária*, vol. 17, n. 1, p. 61-65.
- Severiano, E.C.; Oliveira, G.C.; Curi, N.; Dias junior, M.S. (2009) - Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia (GO). *Revista Brasileira Ciência do Solo*, vol. 33, n. 1, p. 159-168.
- Severiano, E. C.; Oliveira, G. C.; Dias Junior, M. S.; Oliveira, L. F. C. e Castro M. B. (2008) - Pressão de preconsolidação e intervalo hídrico ótimo como indicadores de alterações estruturais de um Latossolo e de um Cambissolo sob cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. vol. 32, n. 4, p. 1419 - 1427
- Tomasini, B.A.; Vitorino, A.C.T.; Garbiate, M.V.; Souza, C.M.A. e Alves sobrinho, T. (2010) - Infiltração de água no solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sob diferentes sistemas de colheita e modelos de ajustes de equações de infiltração. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, vol. 30, n. 6, p. 1060-1070.
- Tormena, C.A.; Silva, A.P. e Libardi, P.L. (1998) - Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 22, n. 1, p. 573-581.
- van LIER, Q. J. (2010) - Física do solo. Viçosa: SBCS, 298 p.