



ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Júlio Camargo Ribeiro da **Silva**¹; Nilza Patrícia **Ramos**²; Cristiano Alberto de **Andrade**³; Ricardo Antonio Almeida **Pazianotto**⁴; Sandra Furlan **Nogueira**⁵

Nº 19403

RESUMO – O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da manutenção da palhada e do não revolvimento do solo (tempo de soqueira) em áreas cultivadas com cana-de-açúcar em relação à densidade do solo e aos seus estoques de carbono e nitrogênio. As áreas avaliadas foram divididas em quatro grupos: ≤ 3 (3 anos ou menos sem revolvimento do solo), ≤ 5 , ≤ 8 e 12, sendo que quanto à semelhança textural entre os grupos, eles não apresentaram diferença significativa com relação à argila, além de apresentar saturação por bases (V%) acima de 50% em todas as camadas, caracterizando-os como solos eutróficos e argilosos, com porcentagem de argila variando de 53,3 a 65,9%. A partir de 4 a 5 anos e a partir de 12 anos, houve aumento da densidade do solo, em todas as camadas (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm). Esse aumento da densidade do solo pode ser atribuído aos efeitos de compactação do solo pelo manejo mecanizado da cana-de-açúcar em sistemas de “cana crua”. Nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar avaliadas, o aumento do estoque de carbono somente foi detectado em função do número de soqueira a partir de 12 anos e apenas até a profundidade de 10 cm. Com 12 anos sem reformas, os conteúdos de carbono e nitrogênio na camada 0-10 cm foram 36% e 50% maiores, respectivamente, em relação às áreas com até 3 anos de manutenção da soqueira. Os incrementos de carbono e nitrogênio ocorreram em função da presença da palhada sobre o solo e do aumento de sua densidade.

Palavras-chaves: preparo do solo, densidade do solo, palhada, colheita mecanizada.

1 Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP; julio.camargo.silva@gmail.com;
2 Pesquisadora - Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP;
3 Pesquisador - Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP;
4 Analista - Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP;
5 Orientadora, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; sandra.nogueira@embrapa.br.



ABSTRACT - *The objective of the study was to evaluate the effects of soil maintenance and non-soil rotation (sock time) on areas cultivated with sugarcane in relation to soil density and its carbon and nitrogen stocks. The evaluated areas were divided into four groups: ≤ 3 (3 years or less without soil rotation), ≤ 5 , ≤ 8 and 12, and in relation to the textural similarity between the groups, they did not present a significant difference in relation to the clay, (V%) above 50% in all layers, characterizing them as eutrophic and clayey soils, with a percentage of clay ranging from 53.3 to 65.9%. From 4 to 5 years and from 12 years, soil density increased in all layers (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm). This increase in soil density can be attributed to the effects of soil compaction by the mechanized management of sugarcane in "raw cane" systems. In the sugarcane cultivated areas evaluated, the carbon stock increase was only detected as a function of the number of rams from 12 years and only up to the depth of 10 cm. With 12 years without reforms, the contents of carbon and nitrogen in the layer 0-10 cm were 36% and 50% larger, respectively, in relation to the areas with up to 3 years of maintenance of the ratoon. The increases of carbon and nitrogen occurred due to the presence of straw on the soil and the increase of its density.*

Keywords: tillage, soil density, straw, mechanized harvesting.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) nos últimos 30 anos (OECD, 2015). Atualmente, a área cultivada de cana-de-açúcar abrange 8,4 milhões de hectares do território nacional (CONAB, 2019) e sua produção contribui com 28% da produção global de bioetanol (27 bilhões de litros) (RFA, 2016). Além disso, o agronegócio contribui efetivamente para a economia do país, pois segundo estudos de Martins *et al.* (2016) a indústria açucareira entre 1999 e 2009, a partir do crescimento econômico, gerou mais empregos que a média na economia brasileira.

De acordo com Silva (2016), a cana-de-açúcar é uma cultura produzida por todos os tipos de agricultores, e é caracterizada por apresentar um importante papel social e econômico no Brasil, e apresenta uma notável competência de agregação de valor à produção. Porém a partir da década de 70, a mecanização começou a ser implantada em função do aumento da demanda no mercado e pelo fato da mão de obra braçal apresentar limitações em termos de eficiência (VIEIRA; SIMON, 2005). Com a introdução da mecanização no momento do corte, foi possível aumentar a produtividade dos produtos gerados a partir da cana, dentre os quais se destacam o álcool e o



açúcar, assim como gerar co-produtos, como por exemplo, a palha da cana-de-açúcar que é disposta sobre o solo após a passagem da máquina.

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar é a forma de produção mais utilizada no Brasil e no final do seu processo há liberação de palhada sobre o solo. A palha é formada a partir de folhas, bainhas, ponteiro e pedaços de colmo que são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal (SOUZA *et al.*, 2005). A palhada, ao cobrir o solo melhora suas condições de umidade, além disso, parte da palhada se decompõem nas camadas mais superficiais promovendo um aumento de C e N (LUCA *et al.*, 2007).

La Scala *et al.* (2012), relacionaram a estocagem de carbono com a mudança do uso da terra e concluíram que a conversão do sistema convencional para o plantio direto promoveram maiores taxas de carbono no solo, principalmente em culturas de cana-de-açúcar, as quais desempenham papel de sequestradoras de carbono, mas que no entanto apresenta diminuição dessa taxa com a reforma da área para plantio. Além disso, estoque de carbono é um aspecto importante no solo, pois representa o balanço dinâmico entre a adição de material vegetal morto e a perda pela decomposição ou mineralização (SCHOLES *et al.*, 1997).

Nesse contexto, Ramos *et al.* (2016) relataram que quanto menor a remoção da palhada na superfície do solo, maior a quantidade de carbono e nitrogênio mineralizados e concluíram que a cada soca da cana são esperadas taxas acima de 60% de decomposição da palhada. Ainda sobre o assunto, estudos como o de Fortes *et al.* (2013) que analisou a necessidade de fertilização de N em áreas com cana-de-açúcar sem queima, concluíram que a mineralização do N da palhada reduz a necessidade de adubação química, pois quase 30% do N da palhada inserida na superfície do solo foi recuperado pela planta.

No contraponto dos benefícios da manutenção da palha sobre o solo, as máquinas agrícolas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar movimentam-se nas linhas de plantio, o que pode ocasionar maiores índices de compactação, acarretando alterações nas propriedades físicas do solo, como na sua densidade (KLEIN; LIBARDI, 2002). As consequências no solo do uso de maquinário pesado são limitantes em relação ao crescimento das raízes e o desenvolvimento das plantas, o que torna a compactação um problema no sistema de plantio direto. Por isso, após determinados anos de soqueira, se torna necessário o revolvimento do solo para diminuir a compactação criada durante tal período (MILAGRES *et al.*, 2018). Trata-se de uma reforma essencial para o bom desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Para realizar uma avaliação dos efeitos da manutenção da palhada e do não revolvimento do solo (tempo de soqueira), este estudo comparou quatro grupos de áreas cultivadas com cana-de-açúcar em relação à densidade do solo e aos seus estoques de carbono e nitrogênio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de estudo

As áreas com cultivos de cana-de-açúcar deste estudo (Figura 1 e Tabela 1) pertencem à Usina Açucareira Guaíra (UAG), localizada no Município de Guaíra nas coordenadas 20°25' O 48°11' S, norte do Estado de São Paulo, e altitude de 510m. A UAG está em atividade desde 1982, produzindo álcool e etanol, tendo atualmente 92% de produção em sistema cana-crua. O clima da região é do tipo clima Aw, tropical com chuvas de verão, a precipitação pluviométrica média anual é de 1.402 mm e o bioma predominante é o Cerrado.

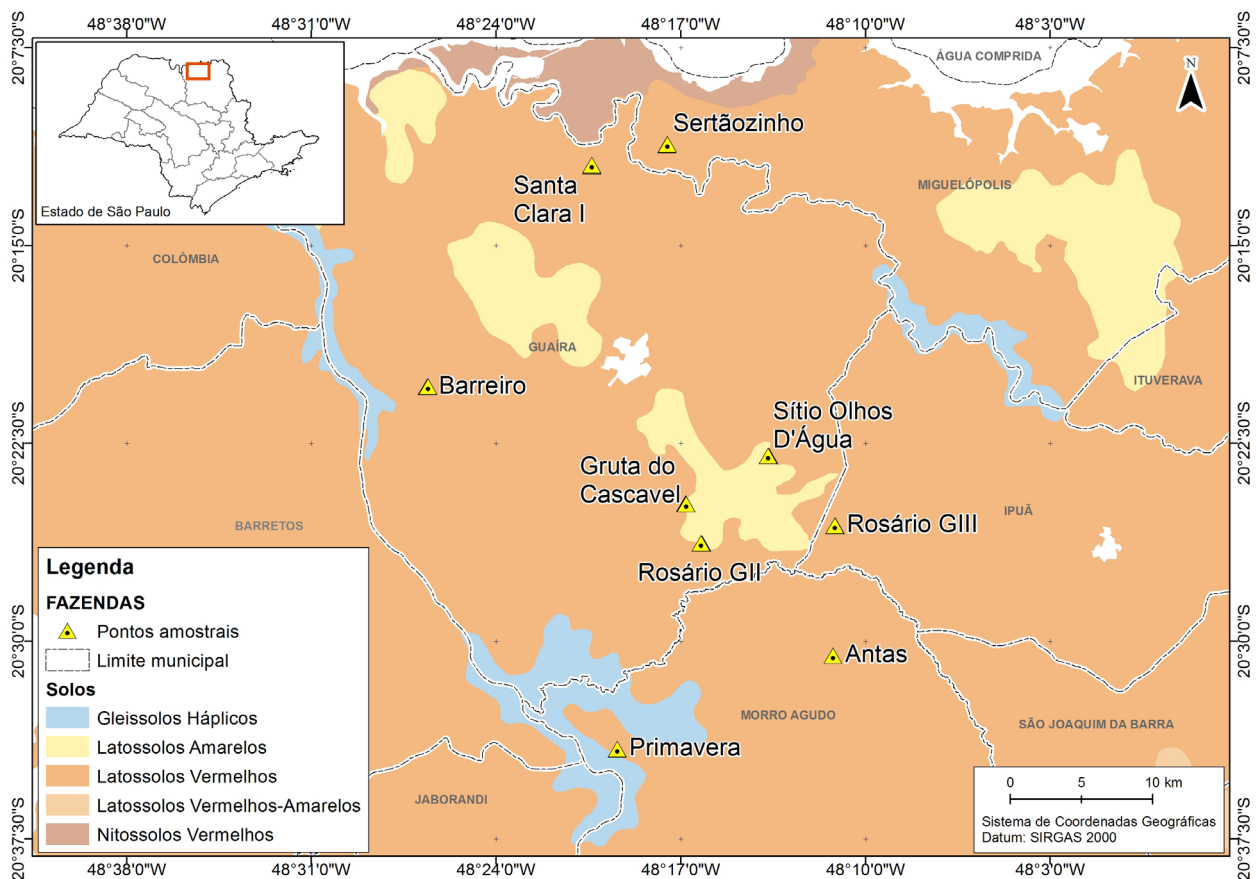


Figura 1: Localização das áreas de cultivo de cana-de-açúcar e as classes de solos da região.

Tabela 1. Denominação das áreas de estudo com os anos de soqueira (entre parênteses), agrupamentos e respectivas classes de solo.

Áreas de estudo (tempo de soqueira em anos)	Agrupamentos	Classe de solo
---	--------------	----------------



Rosário GIII (1), Primavera (3), Barreiro (3)	≤ 3	LV, LV, LV
Antas (4), Santa Clara I (5), Gruta do Cascavel (5)	≤ 5	LV, LV, LA
Sertãozinho (7), Sítio Olhos D'Água (8)	≤ 8	LV, LV
Rosário GII (12)	12	LA

As áreas avaliadas foram cultivadas com a cana-de-açúcar RB 855453 e os solos das fazendas classificados segundo Oliveira *et al.* (1999) em Latossolo Amarelo (LA) e Latossolo Vermelho (LV) (Figura 1). O teor médio de argila nas áreas de estudo variou entre 47 e 66%.

As áreas são descritas na Tabela 1 com relação ao tempo que permaneceram sem reforma e ao agrupamento a que pertencem para o entendimento dos efeitos desse sistema de cultivo (colheita mecanizada e tempo crescente sem revolvimento).

2.2 Procedimento de campo e de laboratório

A amostragem do solo foi realizada em talhões comerciais de produção de cana-de-açúcar (áreas de estudo) e a coleta ocorreu no período de 20 a 25 dias após a colheita da cana no mês de outubro de 2012. Em cada talhão foram abertas quatro trincheiras, distanciadas 15 m entre si, diagonalmente às linhas de cana, de modo a amostrar diferentes linhas da cultura num transecto de cerca de 50 m, localizado pelo menos a 20 m dos limites do talhão. Nestas trincheiras foram coletadas amostras indeformadas de solo, usando anéis volumétricos (5,3 x 4,9 cm), das camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm. A análise granulométrica e a densidade aparente do solo (g dm^{-3}) foram determinadas conforme descrito pela Embrapa (CLAESSEN, 1997).

As amostras deformadas de solo foram obtidas das mesmas profundidades, porém em cinco pontos ao redor das trincheiras, sendo três pontos a 15 cm da linha de plantio e dois pontos a 75 cm da linha de plantio. As amostras foram secas ao ar, peneiradas em malha 2 mm e encaminhadas para análises de acordo com Raij *et al.* (2001), onde os elementos disponíveis K, Ca, Mg foram extraídos com resina de troca iônica e determinados em espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES); sendo a acidez potencial (H+Al) estimada pelo método da solução-tampão SMP. Os atributos do solo - soma de bases (SB) e porcentagem de saturação por bases (V%) - foram calculados conforme Raij *et al.* (2001).

Para determinação da composição elementar de carbono (%) e nitrogênio (%), após secagem, o solo foi moído e peneirado em malha de 0,2 mm. Das amostras moídas e homogeneizadas foram retiradas alíquotas de 50 a 100 mg, acondicionadas em cápsulas de estanho para a determinação das concentrações de C e N no analisador elementar (Truspec CN,



Leco Instruments). Com os resultados dos teores de C, N e os valores de densidade, foram calculados os estoques de C e N no solo.

2.3 Cálculos de estoque

Os estoques de C e de N de cada uma das camadas, em todas as áreas estudadas, foram calculados pela expressão abaixo (VELDKAMP, 1994). Além dos teores de carbono e nitrogênio, as equações (2) e (3) levam em consideração a espessura da camada e a densidade do solo.

$$\text{Est C } \left(\frac{\text{Mg}}{\text{ha}^1} \right) = \text{densidade } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \times \text{concentração de C do solo (\%)} \times \text{profundidade solo (cm)} \quad (1)$$

$$\text{Est N } \left(\frac{\text{Mg}}{\text{ha}^1} \right) = \text{densidade } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \times \text{concentração de N do solo (\%)} \times \text{profundidade do solo (cm)} \quad (2)$$

2.4 Análise estatística

Para verificar diferenças entre os grupos das áreas cultivadas com cana-de-açúcar, as quais correspondem ao tempo de manutenção da soqueira (≤ 3 , ≤ 5 , ≤ 8 e 12), foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com múltipla comparação, que utiliza o teste t para verificar diferenças significativas entre a soma dos "ranks" dos respectivos tratamentos (R CORE TEAM, 2019). O nível de significância em 5% de probabilidade para todas as análises foi mantido.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Confirmando as informações prévias de que os solos das áreas de estudo apresentavam características físicas e químicas similares, ao longo do planejamento deste estudo, os resultados dos testes estatísticos para argila, soma de base e saturação por bases apresentaram, em sua maioria e entre os agrupamentos, diferenças não significativas (Tabela 2). As maiores variações foram observadas para silte, sendo que as áreas estudadas com ≤ 8 e 12 anos sem revolvimento apresentaram valores médios de 15,5% e 12,7% respectivamente na camada de 0 a 40 cm, enquanto os grupos ≤ 3 e ≤ 5 apresentaram valores de 19,5% e 16,1% para a mesma espessura. No caso do agrupamento com cultivo sem revolvimento há 8 anos, os valores de saturação por bases também foram inferiores aos demais grupos na ordem de 56,0%.



De uma forma geral, os Latossolos estudados (grupos) foram classificados como textura argilosa (56 a 60%), com uma baixa proporção de silte (13 a 18%). Com relação aos valores médios de saturação por bases, é importante ressaltar que os solos dos grupos em questão são todos classificados como Eutróficos, pois apresentaram V% maior que 50% em 90% dos dados coletados até a profundidade de 60 cm do solo. Os solos com texturas argilosas apresentam maiores teores de C, pois a matéria orgânica possui capacidade de formar ligações com argila e silte, favorecendo a proteção coloidal da matéria orgânica do solo. Esse procedimento verifica-se com mais frequência nas camadas mais superficiais do solo, pois é onde ocorrem os processos de decomposição da palhada e outros resíduos vegetais (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão de argila, silte, soma de bases e saturação por bases nos locais e profundidades avaliadas de acordo com o tempo de soqueira.

Camada (cm)	≤3	≤5	≤8	12
Argila (%)				
0-5	55,1 ± 3,8 ^{a*}	54,5 ± 10,6 ^a	53,3 ± 9,6 ^a	55,2 ± 0,9 ^a
5-10	57,9 ± 2,8 ^a	56,6 ± 8,8 ^a	54,9 ± 9,7 ^a	56,3 ± 1,0 ^a
10-20	59,3 ± 2,9 ^a	58,1 ± 8,3 ^a	55,7 ± 10,5 ^a	57,5 ± 1,0 ^a
20-40	62,4 ± 1,8 ^a	58,9 ± 7,3 ^a	57,3 ± 10,7 ^a	61,7 ± 0,3 ^a
40-60	65,9 ± 5,3 ^a	60,9 ± 6,1 ^a	58,5 ± 10,5 ^a	63,2 ± 4,3 ^a
60-80	64,9 ± 4,1 ^a	61,0 ± 6,6 ^a	58,8 ± 10,1 ^a	63,5 ± 2,2 ^a
80-100	55,1 ± 3,8 ^a	54,5 ± 10,6 ^a	53,3 ± 9,6 ^a	55,2 ± 0,9 ^a
Silte (%)				
0-5	22,2 ± 3,4 ^a	17,3 ± 2,8 ^b	16,8 ± 3,4 ^{bc}	13,8 ± 1,1 ^c
5-10	20,2 ± 2,5 ^a	15,9 ± 3,8 ^b	15,9 ± 1,8 ^{bc}	12,9 ± 0,4 ^c
10-20	18,6 ± 1,8 ^a	15,6 ± 5,9 ^{ab}	14,7 ± 1,5 ^{bc}	12,7 ± 1,0 ^c
20-40	16,9 ± 1,3 ^a	15,5 ± 4,8 ^{ab}	14,5 ± 1,4 ^{bc}	11,4 ± 1,1 ^c
40-60	15,2 ± 4,5 ^a	15,2 ± 6,5 ^a	13,8 ± 1,4 ^a	14,1 ± 4,6 ^a
60-80	16,9 ± 2,4 ^a	15,2 ± 5,8 ^{ab}	13,5 ± 2,0 ^b	14,4 ± 2,2 ^{ab}
80-100	16,7 ± 2,7 ^a	15,4 ± 4,9 ^a	14,5 ± 1,6 ^a	14,3 ± 0,5 ^a
Soma de bases (SB) (mmol_c/dm³)				
0-5	84,5 ± 26,6 ^b	115,2 ± 41,9 ^a	74,8 ± 9,9 ^b	112,6 ± 5,5 ^a
5-10	87,3 ± 34,1 ^a	94,0 ± 32,9 ^a	62,1 ± 7,3 ^b	112,4 ± 32,0 ^a
10-20	74,5 ± 19,0 ^a	71,4 ± 20,9 ^a	50,8 ± 12,2 ^b	95,6 ± 31,3 ^a
20-40	55,6 ± 19,6 ^a	61,1 ± 12,3 ^a	40,1 ± 7,4 ^b	51,2 ± 15,1 ^{ab}
40-60	32,1 ± 11,4 ^{ab}	42,3 ± 11,3 ^a	31,2 ± 6,2 ^a	30,6 ± 8,4 ^a
Saturação por bases (V%)				
0-5	76,3 ± 8,1 ^{ab}	82,4 ± 8,1 ^a	67,3 ± 6,6 ^b	74,7 ± 0,9 ^{ab}
5-10	76,9 ± 8,9 ^a	77,4 ± 6,7 ^a	59,6 ± 7,1 ^b	73,3 ± 5,8 ^a
10-20	73,9 ± 8,5 ^a	72,7 ± 5,5 ^a	53,9 ± 6,6 ^b	69,3 ± 7,5 ^a
20-40	66,8 ± 11,2 ^a	68,6 ± 7,0 ^a	50,3 ± 4,5 ^b	50,7 ± 8,3 ^b
40-60	49,6 ± 10,5 ^b	63,4 ± 6,8 ^a	48,9 ± 13,7 ^b	41,6 ± 9,7 ^b

*Letras iguais para a mesma camada indicam semelhança pelo teste estatístico, a 5% de probabilidade.

Os valores de densidade, nas diferentes camadas do solo para os grupos ≤3, ≤5, ≤8 e 12 são apresentados na Figura 2. A partir dos dados apresentados é possível visualizar que não houve diferenças significativas entre os dados de densidade das camadas dos grupos ≤5 e ≤8.

Contudo houve aumento de densidade em todas as camadas do solo a partir de 4 a 5 anos sem reformas. Por sua vez, a partir de 12 anos sem reformas, as camadas dos solos apresentaram os maiores valores de densidade entre os grupos de áreas de cultivos de cana-de-açúcar avaliados.

Levando em consideração os anos sem revolvimento do canavial, os grupos ≤ 3 e 12 foram diferentes entre si para todas as profundidades analisadas para densidade. As áreas com até 3 anos de manutenção do canavial exibiram um valor médio de $1,1 \text{ g cm}^{-3}$ para a camada de 0-40 cm que apresenta a profundidade de trabalho dos implementos agrícolas, já o grupo com 12 anos sem revolvimento do solo apresentou um valor médio de $1,37 \text{ g cm}^{-3}$ para a mesma camada, sendo 20% maior que o grupo ≤ 3 . Os primeiros valores são explicados pelo fato de que em sistema de plantio direto a densidade e a resistência à penetração são menores em até 18 meses depois do revolvimento (DRESCHER *et al.*, 2016).

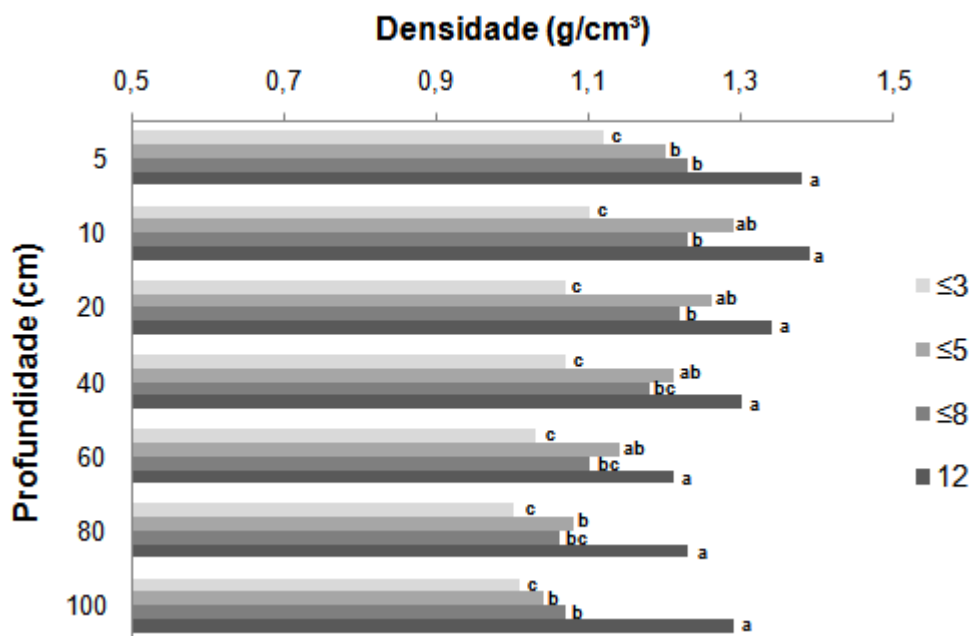


Figura 2. Valores médios de densidade do solo nos locais e profundidades avaliadas de acordo com o tempo de soqueira. Letras iguais para a mesma profundidade indicam semelhança, a 5% de probabilidade.

Em um estudo de Souza *et al.* (2012) foram analisados o carbono orgânico e a densidade de um Latossolo Vermelho com colheita mecanizada de cana-de-açúcar. Neste estudo os autores observam um aumento no valor da densidade em relação aos anos de soqueira entre 1 e 3 anos de canavial, corroborando com o presente estudo que também verificou o aumento da densidade do solo. O estudo citado apresentou um valor médio de $1,28 \text{ g cm}^{-3}$ até a camada de 40 cm do solo para um canavial no terceiro corte, enquanto o presente trabalho apresentou um valor de $1,25 \text{ g cm}^{-3}$ para a mesma camada, porém em áreas cultivadas com cana entre o quarto e o quinto corte.

Os resultados das concentrações de carbono e nitrogênio no solo e seus respectivos estoques são apresentados na Figura 3. Na camada mais superficial do solo (0-5 cm) observou-se maior variação entre os grupos. No grupo ≤ 3 observa-se menores valores de concentração de C ($20,37 \text{ g kg}^{-1}$) e N ($1,02 \text{ g kg}^{-1}$), já no grupo 12 observa-se os maiores, C ($28,83 \text{ g kg}^{-1}$) e N ($1,81 \text{ g kg}^{-1}$). A decomposição da palhada pode ter influência nos valores de concentração de C, pois um estudo realizado por Signor *et al.* (2014) que observou os teores de C em áreas com queima e áreas sem queima com 1, 3 e 6 anos sem revolvimento do solo, e os resultados obtidos apresentaram aumento de C nas camadas superficiais das áreas com mais tempo de soqueira em relação as outras áreas, apresentando um teor de $26,19 \text{ g kg}^{-1}$ de C na camada mais próxima da superfície. Dentro desse contexto, estudo de Vianna *et al.* (2011) comparou o solo de uma mata nativa com o de um canal sob manejo convencional, e registrou perda de 32% na concentração de C. Esta redução do carbono orgânico está associada ao uso da terra, pois o manejo e o revolvimento intensivo do solo, causam oxidação de C nas camadas mais superficiais.

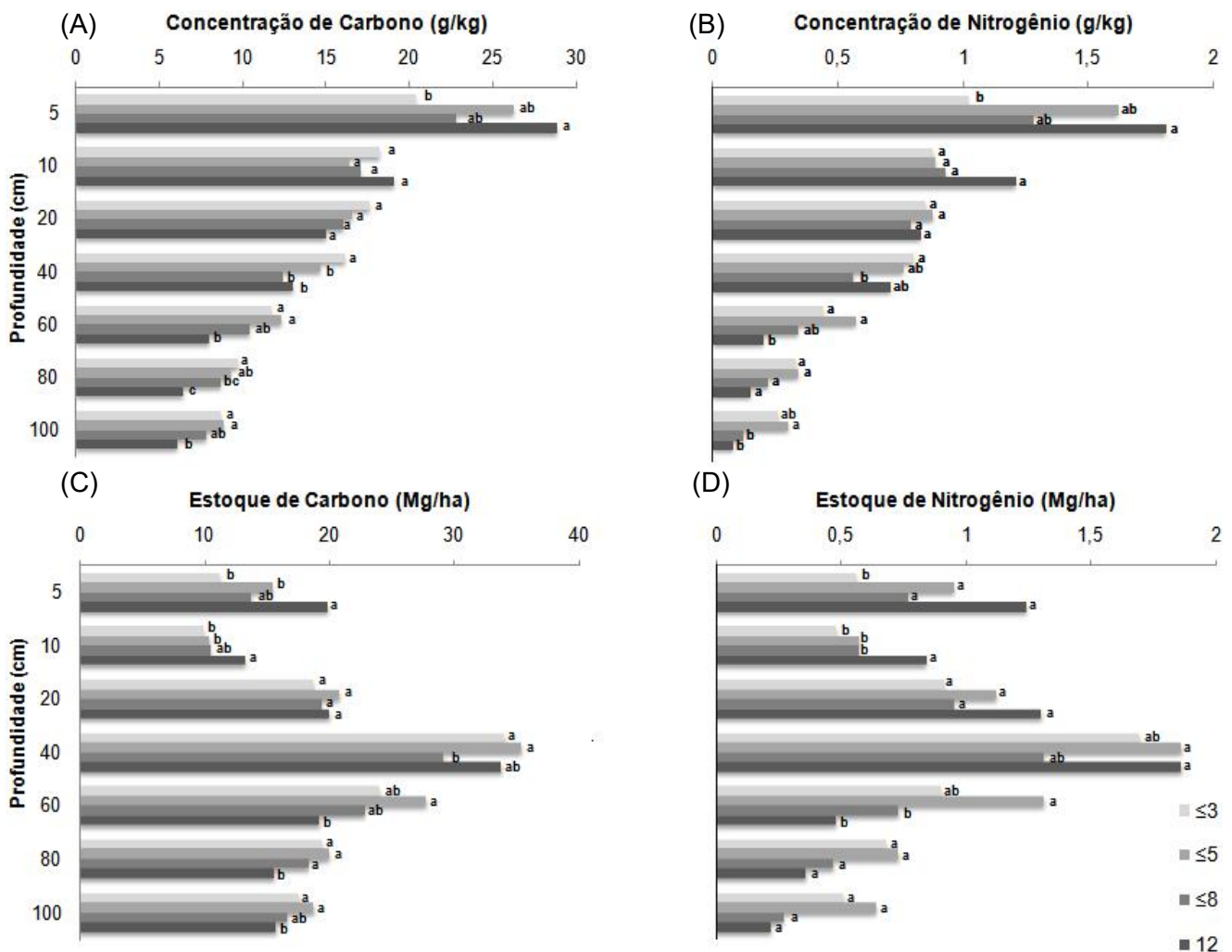


Figura 3. Valores médios de concentração de carbono (A), nitrogênio (B), estoque de C (C) e N (D) do solo nos locais e profundidades avaliadas de acordo com o tempo de soqueira.



Maiores valores de estoques de C (Figura C) foram observados nas áreas cultivadas com cana a partir de 12 anos sem revolvimento, com um valor de $33,14 \text{ Mg ha}^{-1}$ até a camada de 10 cm. Já o menor valor obtido foi $21,16 \text{ Mg ha}^{-1}$ nas áreas com até 3 anos de manutenção de soqueira. Levando em consideração as profundidades onde os solos foram coletados, os valores se comparam, porém com tempos diferentes de soqueira, pois os resultados obtidos por Signor *et al.* (2014), observaram o estoque de carbono em áreas com 1,3 e 6 anos sem revolvimento do solo e sem queima da palha, e verificou diferenças entre dados de carbono a partir de 3 anos, sendo menor para a área com 1 ano e maior para o canavial com 6 anos de soqueira, este que apresentou um valor de $57,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ para camada de 0-20 cm, enquanto o do presente estudo foi obtido um valor de $53,15 \text{ Mg ha}^{-1}$ para a mesma camada no grupo 12.

O mesmo ocorreu com o estoque de nitrogênio (figura D), observando-se para no grupo 12 o maior valor entre todos os agrupamentos ($2,08 \text{ Mg ha}^{-1}$). Esse valor é 50% maior do que os valores dos talhões com até 3 anos de soqueira para a mesma camada do solo. Até 10 cm de profundidade, o último grupo apresentou variação significativa em relação às áreas com 3 ou menos anos sem revolvimento, porém a partir desta camada todos os valores se assemelham até 40 cm, não apresentando grande variação. Comparando os resultados obtidos com os estudos de Luca *et al.* (2007) que observou o estoque de nitrogênio em 3 áreas na região de Pradópolis com três solos diferentes e com sistema de queima e sem queima, apresentou valores maiores de estoques em todas as áreas sem queima e nas região de um solo Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), o estoque de nitrogênio foi de $1,96 \text{ Mg ha}^{-1}$ para a camada de 0-10 cm do solo, enquanto dos solos aqui estudados o grupo que mais se aproximou desse valor foi o com 12 anos sem revolvimento do solo, com um valor de $2,08 \text{ Mg ha}^{-1}$ para a mesma camada do solo.

4 CONCLUSÕES

A partir de 4 a 5 anos e mais enfaticamente a partir de 12 anos (20% a mais em relação ao grupo de até 3 anos), houve aumento da densidade do solo, em todas as camadas, até um metro de profundidade. Esse aumento da densidade do solo pode ser atribuído aos efeitos de compactação do solo pelo manejo mecanizado da cana-de-açúcar em sistemas de “cana crua”. Apesar da manutenção da palhada no sistema por 12 anos, sua interferência na diminuição da densidade do solo não foi observada.

Nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar avaliadas, o aumento do estoque de carbono somente foi detectado em função do número de soqueira a partir de 12 anos e apenas até a profundidade de 10 cm. Com 12 anos sem reformas os conteúdos de carbono e nitrogênio na



camada 0-10 cm foram 36% e 50% maiores, respectivamente, em relação às áreas com até 3 anos de manutenção da soqueira. Os incrementos de carbono e nitrogênio ocorreram em função da presença da palhada sobre o solo e do aumento de sua densidade.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Usina Açucareira Guaira pelo apoio e disponibilidade das áreas, máquinas e recursos humanos para o desenvolvimento do trabalho. Ao CNPq-PIBIC pela bolsa concedida e à Embrapa Meio Ambiente, pelo apoio concedido e aos pesquisadores, analistas e técnicos que orientaram e ajudaram de alguma forma ao longo do projeto.

6 REFERÊNCIAS

- CONAB. Monitoramento agrícola: cana-de-açúcar. **Acompanhamento safra brasileira cana**, v. 5, safra 2018/19, n. 1, primeiro levantamento, Brasília, DF, p. 1-62, maio 2018.
- CLAESSEN, M. E. C. (org.) **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212 p.
- DRESCHER, M. S. *et al.* Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.2, p.159-168, 2016.
- FORTES, C. *et al.* Contribution of nitrogen from sugarcane harvest residues and urea for crop nutrition. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 313-320, 2013.
- KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 857-867, 2002.
- LA SCALA, J. N.; DE FIGUEIREDO, E. B.; PANOSSO, A. R. Uma revisão sobre o acúmulo de carbono no solo devido a mudança de manejo nas principais atividades agrícolas do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 72, n. 3, supl. p. 775-785, ago. 2012
- LUCA, E. F. de *et al.* avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, p. 789-800, 2008.
- MARTINS, H. H. *et al.* Geração de produção, emprego e remunerações nas indústrias do açúcar e do álcool em 2000 e 2009. **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**. Tocantins, v. 2, p. 198-219, 2016.
- MILAGRES, R. S. *et al.* Avaliação dos atributos físicos do solo em áreas inclinadas com sistema de plantio direto. **Revista Ciência Agrícola**, Rio Largo, v.16, n. 3, p. 57-63, 2018.
- OECD. **OECD-FAO agricultural outlook 2015-2024**. Paris: OECD; [Rome]: FAO, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4738e.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2019.



- OLIVEIRA, J.B. *et al.* **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Embrapa Solos. p.64. 1999.
- RAMOS, N. P. *et al.* Decomposição de palha de cana-de-açúcar recolhida em diferentes níveis após a colheita mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 9, p. 1492-1500, 2016.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 21 mar. 2019.
- RFA. **Fueling a high-octane future: ethanol industry outlook**. Washington, DC: Renewable fuels association, 2016. Disponível em: <http://ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2016/02/RFA_2016_full_final.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018
- SCHOLES, M. C.; POWLSON, D.; TIAN, G. Input control of organic matter dynamics. **Geoderma**, Amsterdã, v. 79, p. 25-47, 1997.
- SIGNOR, D. *et al.* Estoques de carbono e qualidade da matéria orgânica do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 1402-1410, 2014.
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. *In*: NOVAIS, R.F. *et al.* (ed.). **Fertilidade do solo**, Viçosa, p. 275-374. 2007.
- SILVA, S. D. dos A. e. Introdução e importância econômica da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. *In*: SILVA, S. D. dos A. e. *et al.* (ed.). **Sistema de produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. p. 17-18 (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de produção, 23.)
- SOUZA, H. A.; MARCELO, A. V.; CENTURION, J. F.; Carbono orgânico e agregação de um latossolo vermelho com colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 4, n. 43, p. 658-663, 2012.
- SOUZA, Z. M. *et al.* Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.
- VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, WI, v. 58, p. 175-180, 1994.
- VIANNA, E. T. *et al.* Atributos físicos e carbono orgânico em latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35 n. 3, p. 2105-2114, 2011.
- VIEIRA, G.; SIMON, E. Possíveis impactos da mecanização no corte de cana-de-açúcar em consequência da eliminação gradativa da queima da palha. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005. p.1-9.