

## DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DO ESTOQUE DE CARBONO EM PERFIS DE SOLOS CULTIVADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR

MICHENDER W. M. PEREIRA<sup>1</sup>, MARA DE ANDRADE MARINHO<sup>2</sup>, AUGUSTO  
FERNANDES NALIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, michender.ambiental@gmail.com

<sup>2</sup> Profª. Doutora, Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, mara.marinho@feagri.unicamp.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, DPR Engenharia, augustofnalin@gmail.com<sup>3</sup>

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

**RESUMO:** O estoque de Carbono do solo (ECS) é o balanço entre a adição de carbono (C) via fotossíntese e a perda de C devido à sua oxidação a CO<sub>2</sub> pelos organismos heterotróficos ou por erosão, sendo um atributo de grande importância climática, ambiental e agrônômica. Entretanto, a maioria dos estudos que visam quantificar os efeitos do uso e manejo da terra sobre o conteúdo e estoque de carbono do solo estudam apenas a camada superficial do solo, de interesse agrícola (0 a 15cm, ou quando muito até 40cm). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição vertical do ECS em duas áreas de produção de cana-de açúcar sob Latossolo Vermelho distrófico (LVd) na cidade de Iracemápolis/SP. Foi confirmada a importância da camada subsuperficial (30-100 cm) na conservação do carbono no solo, representando mais de 55% do total de ECS obtido até 1 m de profundidade. Constatou-se ainda que no perfil de solo estudado na área 2 (boa estrutura e qualidade física) o ECS total (0-100 cm) supera em quase 30 Mg C ha<sup>-1</sup> a área 1 (estrutura degradada).

**PALAVRAS-CHAVE:** Sequestro de Carbono, Latossolo Vermelho distrófico, qualidade física do solo, matéria orgânica do solo.

## THE DEPTH DISTRIBUTION OF THE CARBON STOCK IN SOIL PROFILES CULTIVATED WITH SUGARCANE

**ABSTRACT:** The soil organic Carbon (SOC) stock is the balance between the addition of Carbon (C) via photosynthesis and the lost of C due to the oxidation in CO<sub>2</sub> by the heterotrophic organisms or by erosion. Nevertheless, most studies aimed at quantifying the effects of the use and management of land on the content and stock of soil carbon, measure only the surface layer of soil, of agricultural interest. In this way, this work aims to evaluate a vertical distribution of the SOC stock in two areas of production of sugarcane under dystrophic Rhodic Hapludox at Iracemapolis city, state of São Paulo, Brazil. It confirmed the importance of the subsurface layer (0.3 - 1.0 m) in

conservation of the carbon in the soil. It represents more than 55% of the amount of SOC stock achieved up to 1.0 m depth. It was also found that in the researched soil profile in area 2 (good structure and physical quality) the total SOC stock (0.0 - 1.0 m) exceeds by nearly 30 Mg C ha<sup>-1</sup> the area 1 (degraded structure).

**KEYWORDS:** carbon sequestration, physical quality of the soil, soil organic matter.

## 1. INTRODUÇÃO

O solo, substrato básico para a sobrevivência da vida no planeta, suporta sobre sua superfície os mais variados usos para satisfazer as necessidades humanas, além de fornecer fontes para seu sustento e sobrevivência (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010). Em ecossistemas naturais preservados, mantém-se uma estreita e harmônica integração da cobertura vegetal com o sistema físico, químico e biológico do solo, por meio de processos essenciais, como a ciclagem de nutrientes via formação e decomposição da matéria orgânica, conforme destacado por FERREIRA et al. (2007).

LAL (2004) destaca que esta harmônica integração solo-vegetação é de grande valia para o planeta, uma vez que os resíduos vegetais são a principal fonte de matéria orgânica para o solo, fazendo com que o C estocado no solo até 1,0 m de profundidade seja em média 4,1 vezes maior que o C estocado na vegetação e 3,0 vezes maior que o C estocado na atmosfera. Desta forma, a conversão destes ecossistemas preservados em agrossistemas tende a modificar o estoque de carbono do solo (ECS), devido às práticas de preparo do solo e de manejo agrícola alterarem o equilíbrio pré-existente no ecossistema natural. Neste contexto AMADO (2008) destaca que o solo é um grande depósito de C (dreno), entretanto pode tornar-se uma grande fonte de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera.

Neste sentido, sabe-se que nos solos minerais a distribuição vertical do COS decresce com a profundidade, de forma não linear (HILINSKI, 2001). Em extensa revisão de literatura realizada por SCANDRETT et al. (2010) foi demonstrado que na maioria dos estudos que visam quantificar os efeitos do uso da terra sobre o conteúdo e estoque COS mensura-se apenas as mudanças na camada superficial do solo (0 - 15cm) e que, de fato, pouquíssimos trabalhos quantificam o COS em maiores profundidades.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição vertical do ECS em duas áreas de produção de cana-de açúcar sob Latossolo Vermelho distrófico (LVd) na cidade de Iracemápolis/SP.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em lavouras de cana-de-açúcar na cidade de Iracemápolis/SP. Foram selecionadas duas áreas sob Latossolo Vermelho distrófico (LVd) de textura argilosa para análise de perfis de solo até 1,0 m de profundidade.

A área 1 mostrada na figura 1A localiza-se na fazenda São Pedro sob as coordenadas UTM 7489386,69 m à Norte e 244256,90 m à Leste e altitude de 571 m, em área de relevo suave ondulado. A área 2 mostrada na figura 1B está localizada na fazenda Aparecida sob as coordenadas UTM 7499849,62 m à Norte e 238736,70 m à Leste e altitude de 619,9 m, em relevo suave ondulado.

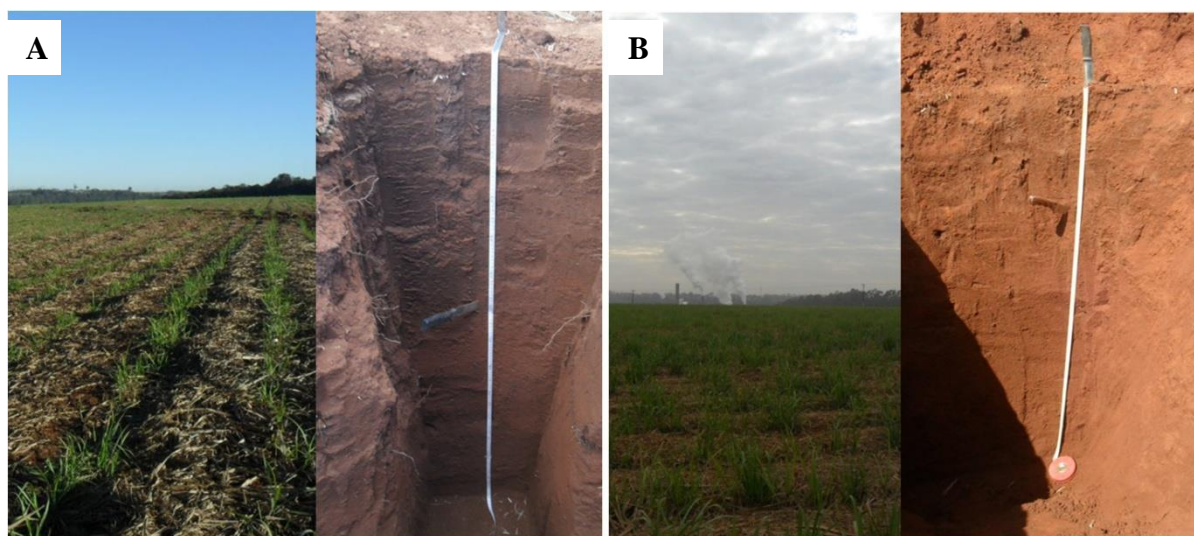


FIGURA 1. Áreas de cultivo de cana de açúcar e perfis estudadas. Área 1 localizada na fazenda São Pedro (1A) e Área 2 localizada na fazenda Aparecida (1B).

### 2.2. Delineamento experimental e coleta das amostras

Para o estudo dos perfis de solo foi necessária a abertura de uma trincheiras de 1,5 m de comprimento x 1,0 m de largura x 1,40 m de profundidade em cada área, utilizando enxada, enxada e pá reta. Em cada trincheira definiu-se um perfil de solo para descrição e coleta, que foi subdividido em horizontes de acordo com os critérios genético-morfológicos empregados em Pedologia (SANTOS et al., 2013). Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas em cada horizonte pedogenético. A tabela 1 relaciona as espessuras dos horizontes pedogenéticos dos perfis pedológicos das áreas 1 e 2, (respectivamente P<sub>p1</sub> e P<sub>p2</sub>).

As amostras com estrutura deformada foram empregadas nas análises de granulometria - G<sub>r</sub> e para a caracterização química do solo. As amostras indeformadas, coletadas utilizando-se um castelo, marreta de borracha e anéis de aço inox do tipo Koepeck de aproximadamente 5 cm de altura, foram utilizadas para determinação da densidade do solo ( $\rho$ ), porosidade total ( $\alpha$ ), macroporosidade ( $\alpha_{mac}$ ) e microporosidade ( $\alpha_{mic}$ ). Estas amostras de solo foram coletadas

exatamente no centro da camada (horizonte), sendo três anéis por horizonte, totalizando 15 amostras por perfil.

TABELA 1. Espessuras dos horizontes dos perfis pedológicos das áreas 1 e 2.

P <sub>p1</sub> – Área 1		P <sub>p2</sub> – Área 2	
Horizonte	Espessura cm	Horizonte	Espessura cm
Ap1	0 a 23	Ap1	0 a 20
Ap2	23 a 40	Ap2	20 a 30
AB	40 a 50	BA	30 a 50
BA	50 a 65	Bw1	50 a 70
Bw	65 a 100+	Bw2	70 a 100+

### 2.3. Caracterização física dos solos

Para a caracterização física do solo dos perfis pedológicos foram determinadas a granulometria ( $G_r$ ), densidade do solo ( $\rho$ ), porosidade total ( $\alpha$ ), macroporosidade ( $\alpha_{mac}$ ) e microporosidade ( $\alpha_{mic}$ ) conforme métodos e procedimentos descritos a seguir.

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Solos da FEAGRI/UNICAMP empregando-se o método da Pipeta modificado conforme descrito em DOURADO et al. (2012). Para determinação da densidade do solo ( $\rho$ ), as amostras com estrutura indeformada coletadas no anel de Koepeck foram levadas à estufa à 105°C até atingir peso constante (solo seco), conforme descrito em EMBRAPA (1997).

A porosidade total ( $\alpha$ ) foi calculada pelo método indireto, conforme a equação 1.

$$\alpha = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo:

$\alpha$  = porosidade total ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ );

$\rho$  = densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ );

$\rho_s$  = densidade das partículas ( $\text{kg dm}^{-3}$ ).

Para a mensuração da macroporosidade do solo ( $\alpha_{mac}$ ), as amostras indeformadas foram saturadas e colocadas em painéis de pressão de Richards a 6,0 kPa. A diferença de peso da amostra saturada para a amostra submetida a esta pressão após 48 horas, dividida pelo volume total representa a macroporosidade do solo, conforme é mostrado na equação 2. A microporosidade do solo ( $\alpha_{mic}$ ) corresponde à diferença entre  $\alpha$  e  $\alpha_{mac}$  (Equação 3).

$$\alpha_{mac} = \frac{M_{sat} - M_{6kPa}}{v} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\alpha_{mic} = \alpha - \alpha_{mac} \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo:

$\alpha_{mac}$  = macroporosidade do solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ );

$M_{\text{sat}}$  = massa do solo saturado (g);

$M_{6\text{kPa}}$  = massa do solo após ser submetido à pressão de 6kPa (g);

$V$  = Volume do solo ( $\text{cm}^3$ );

$\alpha_{\text{mic}}$  = microporosidade do solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ );

$\alpha$  = Porosidade total do solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ).

## 2.4. Caracterização química dos solos

Para caracterização química e de fertilidade do solo dos perfis pedológicos determinou-se a matéria Orgânica (MO), reação do solo (pH), a acidez potencial dada por Hidrogênio + Alumínio (H+Al), os teores de macronutrientes Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), a Capacidade de troca de cátions (CTC), a Soma de bases (SB) e a Saturação por bases (V%), conforme metodologias descritas em VAN RAIJ et al. (2001).

## 2.5. Determinação do Estoque de Carbono do Solo (ECS)

Os teores de COS dos perfis pedológicos -  $P_p$  (n=5) foram calculados a partir dos resultados de MO obtidos na caracterização química e de fertilidade do solo, dividindo o conteúdo de MO pelo fator de conversão 1,724 conforme recomendado em CANTARELLA et al. (2001).

O ECS de cada camada foi determinado pelo produto do teor de carbono orgânico do solo (COS,  $\text{g kg}^{-1}$ ) pela densidade do solo ( $\rho$ ,  $\text{kg dm}^{-3}$ ) e espessura da camada (E, cm), de acordo com a equação 4:

$$\text{ECS} = \frac{\text{COS} \times \rho \times E}{10} \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo:

ECS = estoque de carbono do solo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ );

COS = teor de carbono orgânico total do solo ( $\text{g kg}^{-1}$ );

$\rho$  = densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ); e

E = espessura da camada do solo sob consideração (cm).

Calculou-se o ECS para cada horizonte pedológico, para o perfil todo (0 a 100 cm) e para as camadas 0 a 30 cm e 30 a 100 cm.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Caracterização física e química dos solos

Os solos das áreas 1 e 2 pertencem à mesma unidade de mapeamento e à classe dos Latossolos Vermelhos distróficos de textura argilosa. Quanto aos teores de argila, as maiores diferenças ocorrem entre os horizontes subsuperficiais, em especial o Bw, sendo da ordem de no máximo 8%, mas mais comumente de 3 a 5% entre perfis (Figura 2A).

A densidade do solo tende a reduzir continuamente em profundidade no perfil da área 1, mas não no perfil da área 2 (Figura 2B). Destaca-se que no perfil da área 2, os valores de densidade do solo ( $\rho$ ) nas três primeiras camadas, respectivamente  $1,46 \text{ kg dm}^{-3}$ ,  $1,56 \text{ kg dm}^{-3}$  e  $1,57 \text{ kg dm}^{-3}$ ,

podem ser considerados altos e como destacado por REICHERT et al. (2003) indicam a ocorrência de compactação do solo até 50 cm de profundidade, associadas ao tráfego de máquinas na área, com formação de pé de grade ou pé de arado.

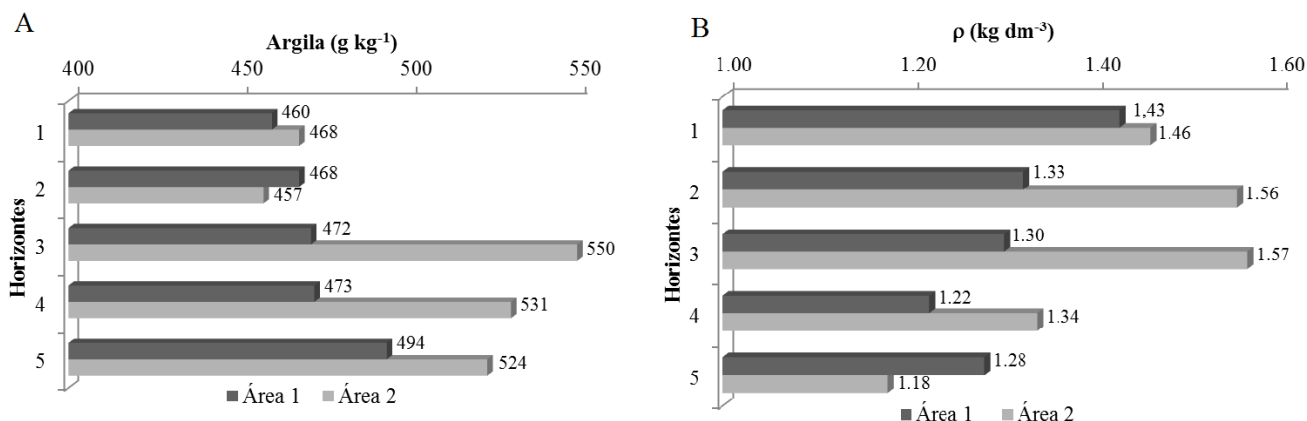


FIGURA 2. Gráfico comparativo dos teores de argila (g kg<sup>-1</sup>) e densidade do solo (kg dm<sup>-3</sup>) nos horizontes pedológicos das áreas 1 e 2.

Segundo BELTRAME e TAYLOR (1980), as causas naturais das alterações na densidade do solo são difíceis de serem definidas e avaliadas, agindo lentamente no solo, como por exemplo, a eluviação de argilas, e as antrópicas que são as forças mecânicas originadas da pressão causada pelos rodados das máquinas agrícolas e pela própria ação de implementos sobre o solo.

Além disso, destaca-se que este atributo é importante no estudo do COS do solo, uma vez que a densidade do solo tende a ser menor em solos com alto teor de MOS, devido ao baixo peso específico da MOS e à sua elevada porosidade total natural (CALONEGO et al., 2011). De acordo com HEINRICHS (2010) a densidade do solo geralmente aumenta com a profundidade do perfil devido a três fatores principais: compactação (alteração da estrutura), eluviação (acréscimo de argila em profundidade) e matéria orgânica (redução em profundidade).

É amplamente conhecida a relação direta e inversa da densidade do solo com a porosidade, em especial com a macroporosidade do solo, de tal forma que o aumento da densidade devido ao adensamento natural ou compactação do solo, reduzem o espaço poroso.

Observa-se que o solo da área 1 (Tabela 2) apresenta boa porosidade total em todo o perfil, estando entre 46% e 53%, sendo menos poroso na camada superficial – Ap1 (0,464 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) aumentando em profundidade até o horizonte BA (0,523), quando volta a decrescer suavemente em Bw (0,513). A macroporosidade deste solo ( $\alpha_{mac}$ ) ficou entre 9% e 18% no perfil e a microporosidade entre 32% e 38%, conforme a tabela 2. Observa-se que a macroporosidade do horizonte superficial Ap sendo inferior a 10%, configura uma situação crítica para a cultura no que respeita à aeração do solo e disponibilidade de ar para a planta em seus processos de respiração e fotossíntese.

A análise da porosidade da área 2 indicou boa porosidade total em todo o perfil do solo, variando entre 40 e 57%. Entretanto os valores de macroporosidade são críticos ou abaixo de 10% em três dos cinco horizontes, representando condição muito desfavorável para a cultura, notadamente no caso do horizonte BA, onde é inferior a 2%. Os macroporos são responsáveis pela drenagem e aeração do solo, por isso são esvaziados, pela ação da gravidade, após serem saturados, além de consistir em um potencial indicador de degradação do solo (WENDLING, 2012).

A microporosidade deste solo apresenta ligeiro aumento em profundidade, variando de  $0,368 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  a  $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , confirmando-se que a redução do volume do solo e aumento da densidade ocorreu à custa da macroporosidade.

TABELA 2. Porosidade total ( $\alpha$ ), macroporosidade ( $\alpha_{\text{mac}}$ ), microporosidade ( $\alpha_{\text{mic}}$ ) dos solos das áreas 1 e 2.

Área 1 (Pp1)					Área 2 (Pp2)				
Horizonte	Camada	$\alpha$	$\alpha_{\text{mac}}$	$\alpha_{\text{mic}}$	Horizonte	Camada	$\alpha$	$\alpha_{\text{mac}}$	$\alpha_{\text{mic}}$
	cm		$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$			cm		$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	
Ap1	0-23	0,464	0,092	0,372	Ap1	0-20	0,436	0,063	0,373
Ap2	23-40	0,480	0,152	0,328	Ap2	20-30	0,400	0,033	0,368
AB	40-50	0,505	0,141	0,364	BA	30-50	0,410	0,017	0,393
BA	50-65	0,523	0,178	0,345	Bw1	50-70	0,475	0,076	0,399
Bw	65-100	0,513	0,141	0,372	Bw2	70-100	0,564	0,165	0,400

TABELA 3. Resultados da análise de caracterização química dos solos das áreas 1 e 2.

Área 1 (Pp1)										
Horizonte	Camada cm	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	S.B.	C.T.C.	V
			$\text{mg dm}^{-3}$				$\text{cmoLc dm}^{-3}$			%
Ap1	0-23	4,4	7,0	0,03	2,1	0,5	7,2	2,63	9,83	27
Ap2	23-40	4,3	3,0	0,01	1,4	0,5	7,2	1,91	9,11	21
AB	40-50	4,2	3,0	0,02	1,0	0,3	7,2	1,32	8,52	15
BA	50-65	4,1	2,0	0,01	0,6	0,2	8,0	0,81	8,81	9
Bw	65-100 <sup>+</sup>	4,0	1,0	0,01	0,6	0,2	7,3	0,80	8,11	10
Área 2 (Pp2)										
Horizonte	Camada cm	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	S.B.	C.T.C.	V
			$\text{mg dm}^{-3}$				$\text{cmoLc dm}^{-3}$			%
Ap1	0-16	5,9	6,0	0,03	2,40	0,90	0,12	3,33	4,53	74
Ap2	16-30	5,8	2,0	0,02	1,00	0,50	0,12	1,52	2,72	56
BA	30-45	5,6	1,0	0,02	0,60	0,50	0,15	1,12	2,62	43
Bw1	45-80	5,5	1,0	0,02	0,50	0,30	0,15	0,82	2,32	35
Bw2	80-100 <sup>+</sup>	5,8	1,0	0,02	0,40	0,20	0,12	0,62	1,82	34

No que tange a caracterização química dos solos, é mostrado na tabela 3 os principais resultados na análise química de rotina nos respectivos horizontes. Pode-se observar que o solo da área 1 possui pH ácido, com baixa fertilidade indicada pelos baixos teores de macronutrientes (P, K, Ca, Mg) e baixa saturação por bases no solo. Destaca-se ainda a alta CTC deste solo, mesmo nas camadas mais profundas.

Já o solo da área 2 é ácido como no caso da área 1, mas possui teores pouco mais elevados de P, K, Ca, Mg, assim como a saturação por bases no solo. Com relação à capacidade de troca de cátions deste solo, os valores são inferiores aos observados para o perfil da área 1, com considerável redução em profundidade.

Contudo, a partir da caracterização física e química dos solos das áreas 1 e 2, fica evidente a pior condição estrutural (qualidade do solo) da área 2. Então, classifica-se a partir daqui o solo da área 1, como de boa estrutura/qualidade, e o solo da área 2 como um solo com estrutura degradada.

### 3.2. Estoque de Carbono dos Solos

O perfil pedológico da área 1 (boa estrutura do solo) apresentou estoque de carbono de 185,021 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo distribuídos em seus horizontes pedológicos em função da densidade do solo, conteúdo de carbono e espessura do horizonte. O maior estoque ocorreu no horizonte superficial Ap1, com 59,089 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono estocado, conforme pode ser observado na tabela 4.

Já o solo da área 2 (estrutura do solo degradada) apresentou 155,590 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono estocado, distribuídos em profundidade de forma que o maior estoque individual ocorre no horizonte superficial (Ap1) com 49,196 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono (Tabela 4). O horizonte pedológico onde o ECS é menor é o Ap2, com apenas 19,852 Mg ha<sup>-1</sup>.

TABELA 4. Distribuição do estoque de carbono nos horizontes do perfil pedológico das áreas 1 e 2.

Horizontes	Área 1 (Pp1) – Boa Estrutura do Solo				Área 2 (Pp2) – Estrutura Degradada			
	COS g kg <sup>-1</sup>	ρ kg dm <sup>-3</sup>	Espessura cm	ECS Mg ha <sup>-1</sup>	COS g kg <sup>-1</sup>	ρ kg dm <sup>-3</sup>	Espessura cm	ECS Mg ha <sup>-1</sup>
1	17,98	1,43	23	59,089	16,82	1,46	20	49,196
2	15,66	1,33	17	35,278	12,76	1,56	10	19,852
3	15,08	1,30	10	19,666	9,86	1,57	20	30,913
4	13,34	1,22	15	24,476	9,28	1,34	20	24,873
5	10,36	1,28	35	46,512	8,70	1,18	30	30,756
Total	-	-	100	185,021	-	-	100	155,590

Observa-se que no perfil da área 1 a camada de 30-100 cm contém 60,2% de todo o estoque de carbono compreendido até 1 m, e para o perfil da área 2 este valor é também expressivo, de 55,6%. O ECS até 1,0 m de profundidade é maior no perfil da área 1 (com boa estrutura do solo),

cujo ECS foi calculado como sendo de 185,021 Mg ha<sup>-1</sup>, enquanto que para o perfil da área 2 (com estrutura do solo degradada) foi calculado em 155,590 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono estocado, sendo 29,431 Mg ha<sup>-1</sup> inferior (Tabela 4).

A distribuição do ECS em profundidade comprova a significativa contribuição dos horizontes mais profundos no estoque de carbono total do solo (Figura 3). Estes resultados vão de encontro aos resultados obtidos por BATJES (1996); FAO (2001) e JOBBÁGY e JACKSON (2000) que concluíram em seu trabalho que o ECS é aproximadamente igual nestas camadas, afirmando ser significativa a contribuição do COS em subsuperfície, devendo este ser considerado em relatórios e levantamentos de mudanças de uso da terra e balanço do COS nos agrossistemas e ecossistemas.

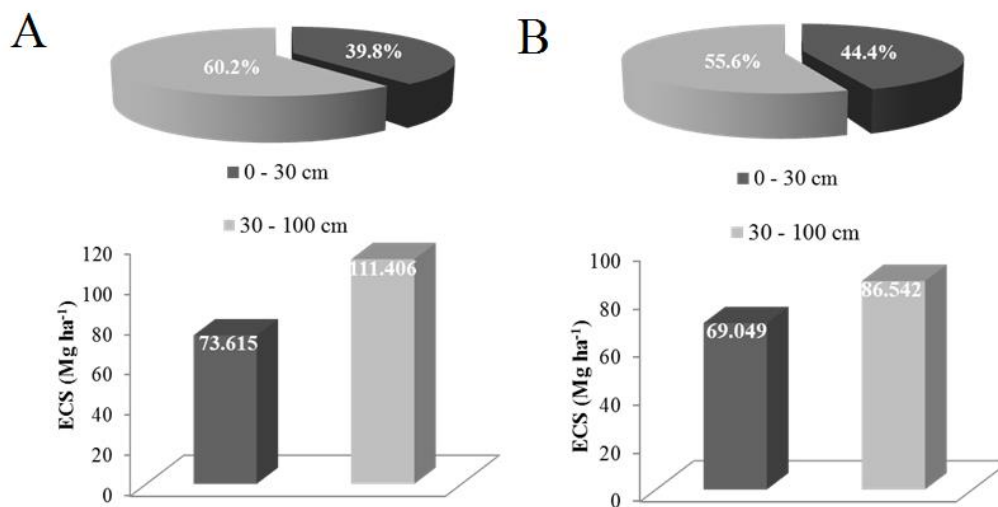


FIGURA 3. Gráfico de colunas e de pizza representando a distribuição do ECS nas camadas de 0 a 30 cm e 30 a 70 cm nas áreas 1 (4A) e 2 (4B)

#### 4. CONCLUSÕES

Foi confirmada a importância da camada subsuperficial (30-100 cm) na conservação do carbono no solo, representando mais de 55% do total de ECS obtido até 1 m de profundidade. Constatou-se ainda que no perfil de solo estudado na área 2 (boa estrutura do solo) o ECS total (0-100 cm) supera em quase 30 Mg C ha<sup>-1</sup> a área 1 (estrutura do solo degradada).

#### 5. REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; FABRIZZI, K.; NICOLOSO, R.S. O solo agrícola e o mercado internacional de carbono. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 625-635.
- BATJES, N. H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.47, n.2, p.151-163, 1996.
- BELTRAME, L. F. S.; TAYLOR, J. C. Causas e efeitos da compactação do solo. **Lavoura Arrozeira**, v.33, p.59-62, 1980.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7ed. São Paulo: Ícone, 2010.

- CALONEGO, J. C.; SANTOS, C. H.; TIRITAN, C. S.; CUNHA JÚNIOR, J. R. Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.3, p.128-135, jul.-set., 2011.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; VAN RAIJ, B.. Determinação da matéria orgânica. In: VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001.
- DOURADO, T. A.; SILVA, L. F. S.; MARINHO, M. A. Performance of a reciprocal shaker in mechanical dispersion of soil samples for particle-size analysis. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.1131-1148, 2012.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Soil carbon sequestration for improved land management**, Rome, 2001.
- FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1625-1635, 2007.
- HEINRICHS, R. Densidade do solo e das partículas. Universidade Estadual Paulista – Câmpus Dracena. 2010. Disponível em: [http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/solos/aula\\_3\\_densidade\\_do\\_solo\\_e\\_de\\_particula\\_s.pdf](http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/solos/aula_3_densidade_do_solo_e_de_particula_s.pdf). Acesso em: 8 de agosto de 2013.
- HILINSKI, T. E. **Implementation of exponential depth distribution of organic carbon in the CENTURY Model**. CENTURY soil organic matter model user's manual. Department of Soil and Crop Sciences, Colorado State University: Fort Collins, 2001.
- JOBBÁGY E. G.; JACKSON, R. B. The Vertical Distribution of Soil Organic Carbon and Its Relation to Climate and Vegetation. **Ecological Applications**, v.10, n.2, p.423-436, 2000.
- LAL, R. Agricultural activities and the global carbon cycle. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.70, p.103-116, 2004.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6ed. Revisada e Ampliada. Viçosa: SBCS, 2013. 100p.
- SCANDRETT, J.; OLIVER, G.; DOYLE, R. **Soil carbon depth functions under different land uses in Tasmania**. 2010. World Congress of Soil Science, 19, Brisbane. <<http://www.ldd.go.th/swcst/Report/soil/.%5Csymposium/pdf/4.2.1.pdf#page=47>>, 21/02/2013.
- VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de campinas, 2001.
- WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I. C.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, Supplement 1, p.256-265, 2012.