

## **ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO EM RAZÃO DA CONVERSÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM PASTAGEM E EUCALIPTO**

WALANE MARIA P. DE MELLO IVO<sup>1</sup>; CRISLÂNY CANUTO DOS SANTOS<sup>2\*</sup>; PAULO ALBUQUERQUE SILVA<sup>1</sup>; JEFERSON AZEVEDO DAS NEVES<sup>2</sup>; ANDRE FELIPE CÂMARA AMARAL<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dr. Pesquisadores, Embrapa CPATC/UEP, Rio Largo-AL, walane.ivo@embrapa.com.br; Paulo.de-albuquerque@embrapa.com.br

<sup>2</sup>Pós- Graduanda em Geografia, CCEN/UFAL, Maceió-AL, crislanycanuto@outlook.com;

<sup>3</sup>Graduando em Agronomia, UFAL/CECA, Rio Largo-AL, jeferson.azevedo@outlook.com.br;

<sup>4</sup>MSc. Analista, Embrapa CPATC/UEP, Rio Largo-AL, andre.camara@embrapa.com.br;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** A conversão da cobertura vegetal pode alterar o estoque de carbono, sendo o carbono considerado um dos indicadores universais para monitoramento da qualidade dos solos. Este trabalho objetivou avaliar o impacto da mudança do uso do solo nos estoques de carbono, a partir de conversão de áreas de cana-de-açúcar em pastagem e eucalipto. O trabalho foi realizado no município de Atalaia, Alagoas. Três áreas com diferentes usos foram selecionadas: uma área cultivada com pastagem por 20 anos; uma área cultivada com eucalipto pelo período de 6 anos; e outra área cultivada com cana-de-açúcar há mais de 25 anos. Em cada uso foram coletadas amostras deformadas, para a determinação das características químicas e agregados do solo, e amostras indeformadas, para a determinação da densidade e porosidade do solo, nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. A partir dos dados de densidade e carbono orgânico, calculou-se o estoque de carbono até um metro de profundidade. A conversão de cultivo de cana-de-açúcar colhida queimada para cultivo de pastagem e eucalipto aumenta o estoque de carbono do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Uso do solo, fertilidade, tabuleiros costeiros.

### **SOIL CARBON STOCKS IN REASON FOR THE CONVERSION OF SUGAR CANE AREAS IN PASTURE AND EUCALYPTUS**

**ABSTRACT:** Vegetation conversion can change carbon (C) stocks and C is considered one of the universal indicators for soil quality monitoring. This work aimed to evaluate the impact of land use change on carbon stocks, from the conversion of sugarcane areas to pasture and eucalyptus. The work was carried out in the municipality of Atalaia, Alagoas, Brazil. Three areas with different uses were selected: (1) pasture for 20 years; (2) eucalyptus for a period of 6 years; and (3) sugarcane for more than 25 years harvested with fire. In each use, deformed samples were collected for the determination of soil chemical and aggregate characteristics, and undisturbed samples were collected to determine soil density and porosity at depths 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm. From the data of density and organic carbon, carbon stocks were calculated up to one meter deep. The conversion of burnt sugarcane for pasture and eucalyptus increases soil carbon stock.

**KEYWORDS:** Soil use, fertility, coastal tablelands.

### **INTRODUÇÃO**

O carbono (C) do solo é reconhecido como um dos significantes indicadores universais da segurança do solo, estando ligado não apenas à mitigação da mudança do clima, mas também à capacidade do solo em prover alimentos, fibra, água e biodiversidade (Koch et al., 2013). Vários estudos mostram que a mudança de uso do solo, com a conversão da vegetação nativa para agricultura, afeta a dinâmica do C, causando diminuição significativa da concentração deste elemento no solo (Guo&Gifford, 2002; Dieckow et al., 2009), sendo esta, também, a realidade nas áreas de produção da cana-de-açúcar (Blair, 2000; Dominy et al., 2002, Silva, 1998). Tal redução mostra-se mais acentuada

quando no solo sob agricultura utiliza-se o preparo convencional (Jantalia et al., 2007). Quando floresta é convertida para agricultura, o declínio no estoque de C na superfície dos solos tem sido em torno de 42%; porém, quando a profundidade de amostragem é ampliada para > que 60 cm, o declínio detectado é diminuído (Guo & Guiford, 2002), indicando que C é adicionado ao solo em profundidade ou que as perdas em profundidade são menores ou mais lentas. No entanto, nem todas as categorias de mudanças de uso do solo envolvem diminuição do C no solo. A meta-análise feita por Guo & Guiford (2002) mostra que os estoques de C do solo aumentam significativamente depois da conversão de floresta para pastagem, agricultura para reflorestamento, agricultura para floresta secundária e agricultura para pastagem. Porém, como destacou Aduan (2003) em estudo sobre a conversão de Cerrado para pastagem, apesar de algumas destas categorias aumentarem o C no solo, não se pode negligenciar a perda do C armazenado na vegetação nativa, o que faz com que algumas das mudanças de uso do solo sejam importante fator de emissão de carbono para a atmosfera.

Mudanças de uso do solo vêm ocorrendo mais recentemente na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, em função de crise do setor sucroenergético, sendo necessárias avaliações do impacto das mesmas no solo. Como o cultivo de espécies de eucaliptos (*Eucalyptus grandis*) é considerado uma alternativa para a utilização em áreas degradadas ou com declive acentuado, no estado de Alagoas, a partir do ano de 2013, houve um aumento significativo no plantio de eucalipto, e, até o ano de 2016, foi contabilizada uma área total de 11.161 ha, com expectativas de aumento na área plantada para os anos seguintes. Esse aumento é resultado, principalmente, da forte adesão ao plantio de eucalipto como forma de substituição de canaviais em áreas de encostas, o que exigia um alto custo financeiro para a sua implantação e colheita (Angeiras, 2016). Outras culturas que vêm sendo estabelecidas na região desde 2015 são pastagem, milho e soja. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o impacto da mudança do uso do solo nos estoques de carbono e em características químicas e físicas do solo, a partir de conversão de áreas de cana-de-açúcar à eucalipto e pastagem.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em áreas no município de Atalaia, Alagoas. A amostragem foi realizada nos anos de 2016 e 2017. Foram selecionadas três áreas de encosta: uma área cultivada com pastagem por 20 anos; uma área cultivada com eucalipto pelo período de seis anos; e outra cultivada com cana-de-açúcar colhida queimada, há mais de 25 anos. Tanto a área de pasto como a de eucalipto foram cultivadas com cana anteriormente. O solo da área, de acordo com o Zoneamento Agroecológico de Alagoas, é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, com relevo forte ondulado e presença de seixos no perfil.

Amostras de solos foram coletadas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, totalizando três repetições por profundidade para os tratamentos de pasto e cana e quatro repetições para o tratamento com eucalipto. Amostras deformadas foram coletadas, para a determinação das características químicas, sendo as mesmas secadas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2,0 mm. Parte deste material foi encaminhado para determinação de pH (água), Ca, Mg, Al (KCl, 1 M), K e P (Mehlich I) e H + Al (Acetato de cálcio, pH 7), de acordo com Embrapa (1999). Subamostras foram moídas em almofariz e passadas em peneira com malha de 0,1 mm para a determinação do C e do N do solo, por meio da oxidação por via seca, em analisador elementar de CNHS- Modelo Flash 2000. Parte das amostras secas ao ar (50g) foram peneiradas a 7 mm e utilizadas para determinação da distribuição do tamanho de agregados do solo pelo método de peneiramento úmido, em aparelho do tipo Yoder, de oscilação vertical, ajustado para realizar 35 ciclos por minuto, com altura de oscilação das peneiras de 4 cm. No equipamento são utilizadas 5 peneiras com malhas de 2; 1; 0,5; 0,25 e 0,053 mm de abertura. Para determinação da densidade e porosidade total do solo, amostras indeformadas foram retiradas com trado e anéis metálicos com 3,0 cm de altura e 5,5 cm diâmetro interno (68,71 cm<sup>3</sup>). Com base na densidade do solo e nos teores de C e N, foi feito o cálculo dos estoques, procedendo-se a correção dos perfis para mesma massa de solo (Sisti et al., 2004), além da subtração da massa do solo devida aos seixos presentes no perfil. O perfil de referência foi o do tratamento com cana-de-açúcar, já que este era o de menor massa.

As diferenças entre as médias dos estoques de carbono no solo, até um metro de profundidade, foram determinadas pelo teste t. Para as demais características, procedeu-se Análise de Variância, em blocos inteiramente casualizados, com comparação de médias por meio do Teste de Tukey a 5%. As análises estatísticas foram rodadas no programa SISVAR (Ferreira, 2000).

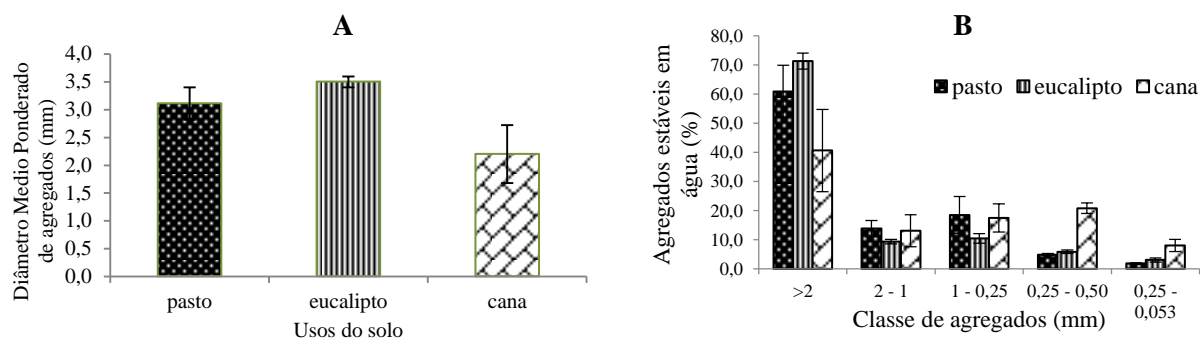
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de densidade, porosidade e de argila no solo são apresentados na tabela 1. O solo sob cana-de-açúcar apresentou densidade mais alta nas camadas mais superficiais (0-5 e 5-10cm), em relação aos outros usos, variando de 1,63 a 1,55 g cm<sup>-1</sup>. Como reflexo da maior densidade sob a cana, observa-se redução da porosidade em 0-5 cm (0,39 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>) e diminuição do Diâmetro Médio Ponderado (DMP) dos agregados do solo sob este uso (figura 1A). Essa redução do DMP vem da diferenciação da distribuição de classes de agregados do solo, como pode ser notada observando-se a figura 1B, a qual mostra preponderância de agregados na classe 0,5-0,025 mm, sob cana e agregados maiores que 2 mm sob eucalipto e pasto. O teor de argila variou de 243,3 g kg<sup>-1</sup>, em superfície a 510,0 g kg<sup>-1</sup>, na camada de 80-100 cm; não diferindo entre os diferentes usos. Tal similaridade é um indicativo de que as áreas podem ser comparáveis do ponto de vista dos estoques de carbono, já que a textura do solo é uma das características determinantes na capacidade do solo proteger o C.

Tabela 1. Médias de densidade, porosidade total e teor de argila, até 100 cm de profundidade, em Argissolo Vermelho Amarelo, sob cultivo de pastagem, eucalipto e cana-de-açúcar.

Tratamentos	Densidade do Solo (g cm <sup>-1</sup> )							
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
Pasto	1,22	1,55	1,53	1,44	1,46	1,54	1,56	1,57
Eucalipto	1,23	1,45	1,45	1,47	1,51	1,52	1,49	1,50
Cana-de-açúcar	1,55	1,63	1,43	1,51	1,35	1,44	1,45	1,48
Tratamentos	Porosidade total do solo (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )							
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
Pasto	0,50	0,37	0,38	0,42	0,43	0,41	0,41	0,37
Eucalipto	0,43	0,44	0,40	0,42	0,41	0,43	0,42	0,42
Cana-de-açúcar	0,39	0,40	0,42	0,43	0,46	0,45	0,44	0,44
Tratamentos	Teor de Argila no solo (g kg <sup>-1</sup> )							
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
Pasto	260,0	266,7	306,7	406,7	446,7	463,3	473,3	483,3
Eucalipto	265,0	315,0	337,5	382,5	410,0	437,5	457,5	492,5
Cana-de-açúcar	243,3	306,7	330,0	430,0	460,0	483,3	496,7	510,0

Figura 1. Diâmetro médio ponderado (A) e distribuição de tamanho de agregados (B), para a profundidade de 0-5 cm, de um Argissolo Vermelho Amarelo, sob cultivo de pastagem, eucalipto e cana-de-açúcar. Barras indicam o erro padrão da média.



As características químicas do solo encontram-se na tabela 2. Para o fósforo (P) disponível houve diferença significativa apenas para profundidade, com a maior redução deste elemento ocorrendo a partir dos 30 cm. Apesar de não ter ocorrido diferença significativa entre os usos, observa-se que os valores de fósforo disponível sob pasto e eucalipto apresentaram-se em níveis considerados de alto a médio até os 10 cm, enquanto sob cana o nível considerado alto para este elemento no solo ocorreu na camada de 10-20 cm. Este teor mais elevados na camada de 10-20 cm pode estar relacionado com a adição de fósforo no fundo do sulco nos cultivos de cana-de-açúcar. Com relação aos teores de potássio (K), houve interação significativa entre os usos e profundidades, com as áreas sob pasto e cana apresentando valores mais elevados nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, do que sob eucalipto. Nas duas profundidades seguintes, esta diferenciação passou a ocorrer de forma mais clara entre o solo sob cana e eucalipto.

O pH do solo apresentou-se baixo nos três tratamentos, variando de 5,4 a 4,3, da mesma forma, o índice de saturação por bases (V) foi baixo para as áreas de cana e eucalipto. Destacam-se os elevados valores da acidez potencial nestas áreas (H+AL), o que pode ser consequência da presença de

material grosseiro em decomposição, proveniente do material de origem do solo (saprólito de gnaiss), observada em algumas regiões dos perfis. Desta forma, a relação entre matéria orgânica do solo e CTC não ficou muito clara.

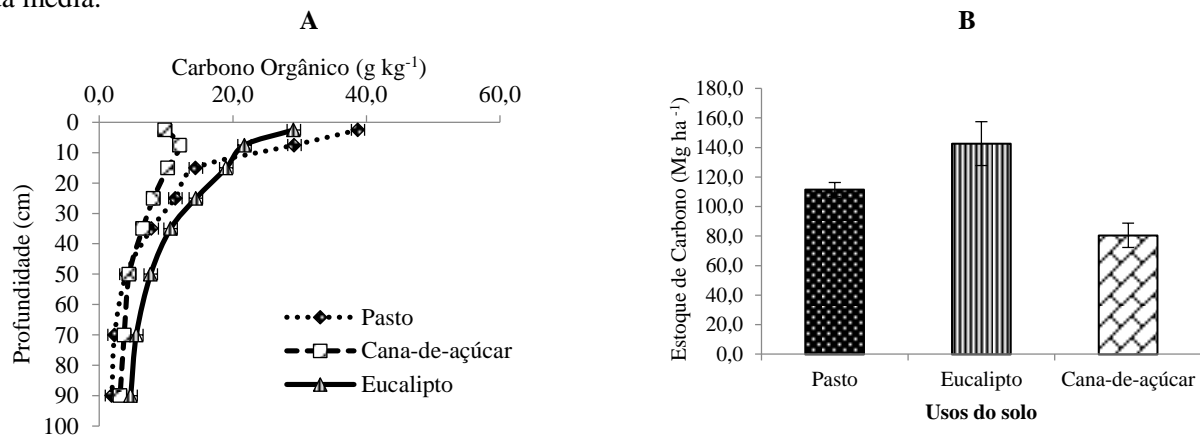
Tabela 2. Características químicas do solo, em Argissolo Vermelho Amarelo, sob cultivo de pastagem, eucalipto e cana-de-açúcar.

	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
<b>Pasto</b>										
Prof	H <sub>2</sub> O	ppm(mg/dm <sup>3</sup> )	cmol/dm <sup>3</sup>							%
0-5	5,2	20,29	0,24	1,82	1,69	2,04	0,15	3,75	5,79	64,71
5-10	5,4	15,92	0,21	1,52	1,38	2,10	0,16	3,10	5,20	59,63
10-20	5,3	3,57	0,19	0,98	0,84	1,38	0,42	2,02	3,40	59,35
20-30	5,1	2,31	0,18	0,90	0,80	1,91	0,72	1,88	3,80	49,66
30-40	5,0	2,86	0,15	0,82	0,84	1,60	0,90	1,93	3,53	54,60
40-60	5,0	1,48	0,06	0,80	1,20	0,93	0,70	2,06	2,99	68,88
60-80	5,1	1,23	0,04	0,52	1,60	0,56	0,65	2,15	3,29	65,29
80-100	5,2	2,06	0,04	0,32	1,67	0,83	0,61	2,04	2,87	71,05
<b>Eucalipto</b>										
Prof										
0-5	4,9	25,05	0,16	1,50	0,89	3,46	0,55	1,98	5,44	36,43
5-10	4,8	13,28	0,08	0,69	0,47	4,51	0,87	1,24	5,75	21,60
10-20	4,9	9,98	0,06	0,77	0,43	2,84	0,76	1,25	4,09	30,63
20-30	4,8	7,44	0,03	0,61	0,44	2,94	0,68	1,08	4,02	26,98
30-40	4,8	2,07	0,02	0,49	0,33	2,43	0,74	0,84	3,27	25,65
40-60	4,7	1,83	0,01	0,47	0,32	2,44	0,92	0,80	3,23	24,64
60-80	4,8	1,77	0,01	0,65	0,38	2,12	0,66	1,03	3,15	32,80
80-100	4,9	1,53	0,01	0,73	0,51	1,62	0,50	1,25	2,88	43,58
<b>Cana-de-açúcar</b>										
Prof										
0-5	5,0	14,63	0,21	1,19	0,88	3,98	0,57	2,28	6,26	36,37
5-10	4,5	17,00	0,21	0,90	0,70	5,49	0,98	1,82	7,31	24,95
10-20	5,1	26,11	0,17	1,86	1,58	4,29	0,75	3,62	7,91	45,74
20-30	4,4	4,79	0,10	0,89	0,98	4,95	1,47	1,97	6,92	28,52
30-40	4,3	1,16	0,07	0,82	0,98	5,58	2,09	1,87	7,45	25,05
40-60	4,4	0,88	0,06	0,83	1,23	4,97	1,99	2,11	7,09	29,83
60-80	4,4	0,82	0,04	0,81	1,60	4,98	2,09	2,45	7,44	32,98
80-100	4,6	2,86	0,03	0,67	2,48	4,48	1,98	3,18	7,66	41,46

Para o teor de C, a análise de variância mostrou interação significativa entre os usos e a profundidade do solo ( $p < 0,00$ ). As diferenças ocorreram até a profundidade de 20-30 cm. Nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, o teor de C foi maior sob pasto (38,7 a 29,2 g kg<sup>-1</sup>), seguido do eucalipto (29,1 a 21,8 g kg<sup>-1</sup>) e cana (12,1 a 9,8 g kg<sup>-1</sup>) (figura 2A). Nas duas profundidades seguintes, apenas o teor sob eucalipto e cana foram significativamente diferentes, com o solo sob eucalipto apresentando teores mais elevados (19,0 g kg<sup>-1</sup> e 14,5 g kg<sup>-1</sup>). O decréscimo dos teores com o aumento da profundidade, o qual ocorre para todos os usos, é relacionado com a maior deposição de resíduos na superfície do solo e maior concentração de raízes. A partir de 30-40 cm, os teores de C no solo não apresentaram diferença significativa para os diferentes usos. No entanto, houve tendência a valores mais elevados sob eucalipto, provavelmente influenciados pelo sistema radicular mais profundo desta espécie florestal. Resultados semelhantes foram encontrados, indicando que com o passar do tempo o cultivo do eucalipto (Silva, 2017) e pasto (Cherubin, 2017) podem promover o acréscimo de C no solo. Além disto, no presente trabalho as áreas cultivadas com cana são queimadas por ocasião da colheita, o que reduz a entrada de material orgânico no solo, levando à redução dos teores deste elemento no solo. Neste sentido, em estudo, com o objetivo de testar se a mudança do uso da terra resulta na degradação do solo, Cherubin (2017) constatou que a conversão de pastagem extensiva em

cana-de-açúcar melhorou a qualidade química do solo; porém, prolongado o período de cultivo da cana-de-açúcar, houve redução nos teores de carbono orgânico do solo.

Figura 2: Teores de carbono orgânico (A) e Estoque de Carbono (até um metro), de um Argissolo Vermelho Amarelo, sob cultivo de pastagem, eucalipto e cana-de-açúcar. Barras indicam o erro padrão da média.



Na figura 2B, observamos os estoques de carbono sob os diferentes usos do solo até um metro. O maior estoque ocorreu na área de eucalipto, com  $142,7 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , seguido do pasto com  $111,6 \text{ Mg C ha}^{-1}$  e da cana com  $80,5 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . Avaliando o impacto da mudança do uso do solo sobre os estoques de carbono, houve acúmulo de C a taxa de  $1,81 \text{ Mg C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , quando se converteu uma área de cana-de-açúcar, colhida queimada, para pastagem. Para, a conversão de cana a eucalipto esta taxa foi muito elevada em relação àquelas relatadas na literatura (Silva, 2017), merecendo um maior detalhamento do histórico de uso e manejo da área sob a espécie florestal.

## CONCLUSÃO

A conversão de cultivo de cana-de-açúcar colhida queimada para cultivo de pastagem e eucalipto aumenta o estoque de carbono do solo.

## REFERÊNCIAS

- Aduan, R.E. Respiração de solos e ciclagem de carbono em Cerrado nativo e pastagem no Brasil Central. Universidade de Brasília, 2003. 130p. Tese de Doutorado.
- Angeiras, G.J.S.L. Acompanhamento da implantação da Eucaliptocultua em Alagoas. Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Turismo – AL, julho de 2017.
- Blair, N. Impact of cultivation and sugar-cane Green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. *Soil & Tillage Research*, v.55, p.183-191, 2000.
- Cherubin, M. R. Soil quality response to land-use change for sugarcane expansion in Brazil. Piracicaba: USP - Esalq, 2016. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- Dieckow, J. et al. Land use, tillage, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. *European Journal of Soil Science*. V.60, p.240-249, 2009.
- Dominy, C.S. et al. Loss of soil organic matter and related soil properties under long-term sugarcane production on two contrasting soils. *Boil Fertl Soils*. v.36, p.350-356, 2002.
- Guo, L.B., Gifford, R.M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*. V.8, p.345-360, 2002.
- Jantalia, C.P. et al. Tillage effect on C stocks of clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. *Soil & Tillage Research*. V.95, p.97-109, 2007.
- Silva, A.J.N.; Ribeiro, M.R. Caracterização de um Latossolo amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no estado de Alagoas: propriedades químicas. *R. Bras. Ci. Solo*, v.22, p.291-299, 1998.
- Silva, A. V. L. Carbono orgânico total e frações da matéria orgânica do solo na conversão de cana-de-açúcar para eucalipto em Alagoas. 2017. UFAL. Dissertação (Mestrado em produção vegetal).
- Sisti, C.P.J. et al. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*. v.76, p.39-58, 2004.