

## INFLUÊNCIA DE RENQUES DE MOGNO AFRICANO NOS ATRIBUTOS FÍSICOS E TEOR DE CARBONO ORGÂNICO DE UM LATOSSOLO AMARELO

Arystides Resende Silva<sup>1\*</sup>; Agust Sales<sup>2</sup>; Carlos Alberto Costa Veloso<sup>1</sup>

SAP 12211 Data envio: 08/06/2015 Data do aceite: 14/07/2015

Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 3, jul./set., p. 291-297, 2016

**RESUMO** - Objetivou-se avaliar o efeito de renques de mogno africano (*Khaya ivorensis*) e diferentes sistemas de manejo nos atributos físicos e carbono orgânico de um LATOSSOLO AMARELO. Os tratamentos avaliados foram: sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) aos dois anos de cultivo, sendo amostrado em duas distâncias, a 2,5 m do renque florestal (iLPF2,5) e a 10 m (iLPF10), em Monocultivo Florestal com mogno africano (MF) com dois anos de cultivo, sistema Santa Fé (SSF) e Mata Natural como testemunha (MN) em quatro profundidades de solo. Os atributos do solo avaliados foram carbono orgânico, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade. Os maiores teores de carbono orgânico do solo foram encontrados na camada superficial do solo, com redução progressiva em profundidade. Os tratamentos iLPF2,5, iLPF10 e SSF apresentaram melhores condições físicas de densidade e porosidade do solo do que o MF quando comparados à MN. Houve diferença de macroporosidade somente nas camadas 0-10 cm, tendo o MF o menor valor, e 30-50 cm, com o maior valor apresentado pelo iLPF2,5. Na microporosidade, houve diferença somente na profundidade 20-30 cm, sendo os maiores valores na MN, SSF e iLPF10. Os renques de mogno africano no sistema iLPF melhoraram os atributos físicos do solo em profundidade. O sistema iLPF e o SSF melhoraram as condições de densidade e porosidade do solo e teores de carbono orgânico do solo. O MF promoveu acúmulo de carbono orgânico, porém, provocou impacto negativo à densidade e à porosidade do solo.

**Palavras-chave:** *Khaya ivorensis*, porosidade do solo, sistemas integrados.

### INFLUENCE OF AFRICAN MAHOGANY ROWS ON THE PHYSICAL ATTRIBUTES AND ORGANIC CARBON CONTENT OF A YELLOW OXISOIL

**ABSTRACT** - The objective was to evaluate the rows effect of African mahogany (*Khaya ivorensis*) and different soil management systems in physical attributes and organic carbon of a Typic. The treatments evaluated were integration system Crop-Livestock-Forest (iLPF) at two years of cultivation, being sampled at two distances, 2.5 m forest row (iLPF2.5) and 10 m (iLPF10), at a Forest monocropping with African mahogany (AM), with two years of cultivation, in Santa Fé system (SSF) and natural forest as control treatment (NF). The attributes of the soil evaluated were organic carbon, soil bulk density, total porosity, macroporosity and microporosity. The higher content of soil organic carbon was found in the superficial layer of soil, with progressive reduction in depth. The iLPF2.5 treatments, iLPF10 and SSF showed better physical condition of soil density and porosity than the AM compared to NF. There was difference on macroporosity only in the layers 0-10 cm, taking AF the less value, and 30-50 cm, with value largest stated by iLPF2.5. In microporosity, there was difference only in the 20-30 cm depth, with higher values in MN, SSF and iLPF10. The African mahogany rows in iLPF system improved the soil physical attributes in depth. The iLPF system and the SSF obtained the best density conditions and porosity of the soil and levels of soil organic carbon. The AM promoted organic carbon accumulation, however, had a negative impact on density and porosity of the soil.

**Key words:** *Khaya ivorensis*, soil porosity, integrated systems.

### INTRODUÇÃO

O aumento de áreas degradadas associadas ao desmatamento das florestas tem provocado impactos negativos aos recursos naturais da Amazônia, comprometendo a disponibilidade e qualidade de bens e serviços ambientais, e o bem-estar da sociedade. Uma das principais causas do desmatamento é a atividade agropecuária, entretanto, essa atividade está em plena

expansão na região e tem relevante importância na economia (DOMINGUES; BERMANN, 2012), sendo necessário assim, a busca por alternativas para tornar a agropecuária social e ambientalmente mais sustentável.

Os sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) possibilitam de forma sustentável uma maior produção por área, por meio da intensificação do uso da terra, potencializando os efeitos sinérgicos

existentes entre as diversas espécies vegetais e a criação de animais (BALBINO et al., 2011). Todavia, falta ainda uma visão mais abrangente dos efeitos que este tipo de sistema pode trazer para o ecossistema amazônico.

A preocupação com a qualidade do solo tem crescido na medida em que seu uso pode reduzir a capacidade em manter sua produção. Têm-se utilizado muitos atributos físicos para quantificar as modificações geradas pelas diferentes atividades de manejo, tipo de cobertura vegetal, quantidade de resíduos na superfície e teor de matéria orgânica do solo, ou até mesmo, como indicadores de qualidade do solo, dentre eles, a densidade do solo e a porosidade total (WENDLING et al., 2012).

Os atributos físicos indicadores da qualidade do solo são definidos como propriedades mensuráveis que influenciam a capacidade do solo em permitir o desenvolvimento das plantas sem que aconteça a sua deterioração (LLANILLO et al., 2013), e estão associados diretamente com a produtividade das culturas, de modo a obter uma produção sustentável (BOTTEGA et al., 2011).

Dentre as atividades de manejo na área agrícola, o período de preparo do solo talvez seja a parte que mais altera o seu comportamento físico, visto que age diretamente na estrutura do solo, devido ao tráfego de máquinas e implementos, que são uns dos responsáveis diretos pela compactação ou adensamento, alterando significativamente a qualidade da estrutura do solo, cuja intensidade de alteração varia também com as condições de clima e natureza do solo (OLIVEIRA et al., 2013), os quais indicam as condições nas quais poderá ocorrer limitações ao crescimento radicular de determinada espécie vegetal, interferindo na disponibilidade de água e ar às raízes das plantas (LIMA et al., 2013).

A matéria orgânica é formada essencialmente por compostos de carbono, possuindo implicações no comportamento físico do solo, exercendo grande influência no processo de recuperação e estabilização da estrutura do solo, pois tem o poder de flocular o solo, abrir espaços e evitar a compactação, reduzindo assim, os valores de densidade do solo (SILVA et al., 2012).

O carbono orgânico do solo (COS) está diretamente associado à qualidade do solo, tornando-se um condicionante do mesmo por aumentar a disponibilidade

de água, atuando também como agente cimentante da estrutura, no tampão do pH, na complexação de elementos e capacidade de troca de cátions, possibilitando a conservação da sua capacidade produtiva (COGO et al., 2013).

As modificações nos estoques de COS geradas pelas atividades de manejo do solo são notadas geralmente em curto prazo, quando comparadas às alterações mais lentas que ocorrem no solo como um todo. As modificações nos teores de COS são influenciadas pela composição química dos resíduos vegetais, pelo aporte de resíduos ao solo, por características de clima e solo (ZHONGKUI et al., 2010), e práticas de manejo do solo empregadas. Práticas inadequadas de cultivo podem levar ao declínio acelerado dos estoques de carbono de origem orgânica (LOSS et al., 2011).

Na região Amazônica, a utilização de sistemas integrados é uma alternativa promissora para aumentar, em médio e longo prazo, os estoques de COS e melhorar sua qualidade estrutural. Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a influência de renques de mogno africano (*Khaya ivorensis*) e diferentes sistemas de manejo nos atributos físicos e teor de carbono orgânico de um LATOSSOLO Amarelo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em áreas originalmente sob vegetação da Amazônia legal, na Fazenda Vitória, município de Paragominas, Pará, localizada na região nordeste do Estado (altitude de 89 m, 2° 57' 29,47" S de latitude e 47° 23' 10,37" W de longitude), o clima é classificado como Aw, segundo classificação de Koppen. A precipitação média anual é de 1.743 mm. A temperatura média anual apresenta variação entre 23,3 °C a 27,3 °C e a umidade relativa do ar indica média anual de 81%.

O solo foi classificado como LATOSSOLO AMARELO textura argilosa (EMBRAPA, 2006), sendo as características químicas e granulométricas analisadas antes da implantação do experimento nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm, utilizando a metodologia da Embrapa (1997), exceto a matéria orgânica (MO) que foi determinada pelo método de Walkley e Black, proposto em Black (1965) (Tabela 1).

**TABELA 1** - Características<sup>1</sup> química e granulométricas da área experimental antes da instalação do experimento, Fazenda Vitória, Paragominas - PA, 2009.

Prof. (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O. ----- g kg <sup>-1</sup> -----	P	Ca	Mg	K	Al	H+Al	Areia	Silte	Argila
						Cmolc dm <sup>-3</sup>				g kg <sup>-1</sup>	
0-10	5,88	25,4	5,67	3,88	1,22	0,46	0,10	3,74	56	284	660
10-20	6,27	18,2	9,17	4,80	1,13	0,24	0,10	2,34	43	232	725
20-30	5,30	14,0	1,70	1,50	0,50	0,09	0,30	3,10	39	191	770
30-50	5,30	23,0	1,50	1,40	0,50	0,08	0,30	2,80	35	175	790

<sup>1</sup>Análises realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

Em que: MO: matéria orgânica; P: fósforo; Ca: cálcio; Mg: magnésio; K: potássio; Al: alumínio; H+Al: hidrogênio + alumínio.

O experimento foi composto por um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) instalado no

ano de 2009 (4,05 ha), manejado com cultivo de culturas anuais consorciadas com forrageiras e intercaladas com a

espécie de mogno africano (*Khaya ivorensis*). Avaliou-se também o plantio de mogno africano em monocultivo ocupando uma área de 1,35 ha, e um sistema Santa Fé, o qual ocupou uma área de 5 ha manejado com cultivo integrado de culturas anuais e forragem, e como testemunha uma Mata nativa circunvizinha à área experimental (15 ha).

Até o ano de 2009, antes da instalação do experimento, a área utilizada vinha sendo mantida sob pastagem cultivada, com a exploração de gado de corte em sistema extensivo. Em janeiro de 2009, por razão da instalação do experimento, foram realizadas operações de preparo do solo, correção e adubação.

Em fevereiro de 2009, plantou-se o milho BRS 1030 em consórcio com a *Brachiaria ruziziensis* (20 kg ha<sup>-1</sup>) nos sistemas iLPF e Santa Fé, a segunda cultura a entrar nos sistemas foi a soja (cultivar Sambaiba) no ano de 2010, e no ano de 2011 a terceira cultura foi a do milho BRS 1055. Ainda em fevereiro de 2009, foi realizado o plantio de mogno africano nos sistemas iLPF e Monocultivo. Para o arranjo espacial da espécie florestal no sistema iLPF empregou-se o plantio em renques, cada um com duas linhas, no espaçamento 5 x 5 m, a distância

entre renques foi de 20 m para o cultivo das culturas anuais e forrageiras, o que totalizou 28% por ha da área ocupada pelas faixas dos renques e densidade de 160 árvores ha<sup>-1</sup>. No Monocultivo, o plantio do mogno africano foi realizado em espaçamento 5 x 5 m, obtendo densidade de 400 árvores ha<sup>-1</sup>. Todos os cultivos foram conduzidos seguindo as recomendações técnicas para as culturas.

Para fins deste trabalho foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema de parcela subdividida com cinco parcelas (sistemas de manejo do solo) e quatro subparcelas (camadas do solo). As parcelas foram compostas por cinco sistemas de manejo do solo: sistema iLPF sendo amostrado em duas distâncias a 2,5 m do renque florestal (iLPF2,5) e a 10 m (iLPF10), Monocultivo Florestal com Mogno africano (MF), sistema Santa Fé (SSF) e Mata nativa como testemunha (MN). As subparcelas foram compostas por quatro profundidades de amostragem: 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm.

Durante a condução do experimento realizaram-se análises químicas do solo nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm, utilizando a metodologia descrita por Embrapa (1997) (Tabela 2).

**TABELA 2** - Características<sup>1</sup> químicas médias do solo dos tratamentos, Fazenda Vitória, Paragominas - PA, 2011.

Tratamentos	Prof. (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O.	P	Ca	Ca + Mg	K	Al	H+Al
			(g kg <sup>-1</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )	----- cmolc dm <sup>-3</sup> -----				
iLPF2,5	0-10	5,9	22,12	6,67	4,13	5,20	265,33	0,10	3,08
	10-20	6,3	23,19	9,83	5,09	6,44	213,35	0,10	2,88
	20-30	6,6	13,28	12,18	5,39	6,34	186,46	0,10	3,43
	30-50	6,6	9,90	6,88	3,78	4,54	122,48	0,10	3,70
iLPF10	0-10	5,9	24,93	5,81	3,92	5,11	247,48	0,10	3,65
	10-20	6,3	18,91	9,26	4,84	6,01	135,19	0,10	2,42
	20-30	6,6	10,22	12,17	5,17	5,96	188,35	0,10	3,60
	30-50	6,5	10,00	6,13	3,60	4,41	112,78	0,10	3,79
MF	0-10	6,3	25,47	4,67	3,23	5,17	157,00	0,10	2,37
	10-20	4,8	12,96	2,67	1,00	1,50	39,33	0,50	4,07
	20-30	4,8	12,49	3,00	1,07	1,33	36,67	0,50	3,80
	30-50	4,9	12,81	3,00	1,30	1,97	46,00	0,30	3,30
SSF	0-10	6,3	20,91	11,23	5,03	6,13	141,67	0,20	2,42
	10-20	5,3	19,50	4,33	2,17	2,83	41,67	0,33	4,24
	20-30	5,3	14,10	1,00	1,60	2,13	35,00	0,27	3,85
	30-50	4,8	13,73	1,00	1,20	1,70	24,00	0,43	4,02
MN	0-10	4,7	40,69	2,00	3,13	4,27	57,67	0,30	10,56
	10-20	4,8	20,80	1,00	1,83	2,57	53,33	0,60	5,12
	20-30	4,8	18,25	1,00	1,40	1,87	32,33	0,60	4,95
	30-50	4,8	17,18	1,00	1,37	1,97	33,67	0,60	4,68

<sup>1</sup>Análises realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

Em que: MO: matéria orgânica; P: fósforo; Ca: cálcio; Mg: magnésio; K: potássio; Al: alumínio; H+Al: hidrogênio + alumínio; iLPF2,5: iLPF a 2,5 m do renque; iLPF10: iLPF a 10 m do renque; MF: Monocultivo Florestal com Mogno africano; SSF: Santa Fé; MN: Mata.

Em abril de 2011, coletaram-se amostras de solo, através de anéis volumétricos, com estrutura indeformadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm, de acordo com o método descrito por Forsythe (1975), Blake e Hartge (1986), para análise dos atributos físicos do solo dos tratamentos em estudo. Foram coletadas amostras de solo deformadas nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm para determinar o carbono orgânico do solo.

A densidade do solo (Ds), microporos, macroporos, porosidade total e carbono orgânico do solo (COS) foram determinados utilizando-se a metodologia proposta por Embrapa (1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico SISVAR e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) (FERREIRA, 2011).

**TABELA 3** - Carbono orgânico do solo (COS) dos diferentes tratamentos nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, Fazenda Vitória, Paragominas- PA.

Variável <sup>1</sup>	Prof. (cm)	Tratamentos <sup>2*</sup>				
		iLPF2,5	iLPF10	MF	SSF	MN
C (g kg <sup>-1</sup> )	0-10	12,80CDa	16,66Ba	14,74BCa	12,13Da	23,60Aa
	10-20	9,93Bb	11,13ABb	7,53Cb	11,30ABa	12,06Ab
	20-30	3,16Cc	8,10Bc	7,23Bb	8,16Bb	10,60Abc
	30-50	3,30Cc	8,30ABc	7,43ABb	7,96ABb	9,93Ac

<sup>1</sup>Análises realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Em que: iLPF2,5: iLPF a 2,5 m do renque; iLPF10: iLPF a 10 m do renque; MF: Monocultivo Florestal com Mogno africano; SSF: Santa Fé; MN: Mata.

Resultados estes que corroboram com Kato et al. (2010), em que relataram maior acúmulo de COS nas camadas superficiais, sofrendo declínio com a profundidade, ao avaliarem as propriedades de um latossolo sob diferentes coberturas vegetais. Concordando também com Rossi et al. (2012), no estudo em que analisaram frações orgânicas de carbono em LATOSSOLO VERMELHO sob plantio de soja no cerrado goiano, observaram que os maiores valores de COS foram encontrados na camada superficial de 0-5 cm, sendo verificado declínio progressivo dos teores de COS em profundidade.

Na Tabela 3, quando comparados os tratamentos entre cada camada, observa-se que, de 0-10 cm, o COS do MN (Mata) apresentou maior valor (23,60 g.kg<sup>-1</sup>) que nos demais tratamentos. Na camada de 10-20 cm, os tratamentos MN (Mata), SSF (Santa Fé) e iLPF10 (iLPF a 10 m do renque) indicaram os maiores teores de COS, não diferindo entre si. O MN (Mata), na profundidade 20-30 cm, demonstrou maior COS, diferindo dos demais tratamentos, tendo o iLPF2,5 (iLPF a 2,5 m do renque) o menor valor de COS. Na profundidade 30-50 cm, o COS foi menor no iLPF2,5 (iLPF a 2,5 m do renque) que nos demais tratamentos, os quais não diferiram entre si.

Matoso et al. (2012), em estudo sobre frações de carbono e nitrogênio de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico sob diferentes usos na Amazônia

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de carbono orgânico do solo (COS) entre as profundidades dos tratamentos em estudo foram encontrados na camada superficial (0-10 cm), indicando redução na taxa de COS à medida que a profundidade aumentou. Os tratamentos iLPF2,5 (iLPF a 2,5 m do renque), iLPF10 (iLPF a 10 m do renque) e MN (Mata) apresentaram comportamento semelhante em relação aos teores de COS: maiores valores na camada 0-10 cm, valores intermediários na camada 10-20 cm e os menores valores nas camadas 20-30 e 30-50 cm. No MF (Monocultivo Florestal com mogno africano), os menores valores de COS foram demonstrados a partir da camada de 10-20 cm e no SSF (Santa Fé) a partir de 20-30 cm (Tabela 3).

brasileira, observaram diferenças para os usos do solo e entre as profundidades, sendo os maiores teores de COS encontrados na camada 0-10 cm no solo sob vegetação nativa, confirmado neste estudo.

As atividades de manejo aplicadas nas áreas agropecuárias exercem grande influência no acúmulo de COS, possibilitando reduzir, manter ou elevar esses estoques (ZHONGKUI et al., 2010). A presença de forrageiras e o cultivo de mogno africano nos tratamentos em estudo, quando comparados à Mata nativa, contribuíram para maior quantidade de COS em superfície, pois boa parte de suas distribuições radiculares estão localizadas na superfície do solo, elevando dessa forma, a quantidade de COS nas primeiras camadas do solo, resultados observados por Nunes et al. (2011) em sistemas de manejo e de estoque de carbono em LATOSSOLO sob Cerrado. Sendo assim, os sistemas avaliados, indicaram que podem contribuir para a manutenção ou aumento do acúmulo de COS.

A densidade do solo (Ds) apresentou diferença entre as profundidades somente nos tratamentos iLPF2,5 (iLPF a 2,5 m do renque) e SSF (Santa Fé), sendo demonstrado um aumento de Ds em profundidade, exceto na camada 30-50 cm no iLPF2,5, a qual não diferiu da camada 0-10 cm (Tabela 4). Esses resultados corroboram com Rossetti e Centurion (2015), ao quantificarem estoques de carbono orgânico e atributos físicos de um

LATOSSOLO em uma cronossequência sob diferentes manejos, relataram aumento de Ds na medida em que aumentava a profundidade.

Na comparação de Ds dos tratamentos entre cada profundidade, o MN (Mata) não diferiu do iLPF2,5 e

iLPF10, diferiu do SSF (Santa Fé) somente na camada 30-50 cm e diferiu em todas as camadas do MF (Monocultivo Florestal) (Tabela 4).

**TABELA 4** - Densidade do solo (Ds), Porosidade total (PT), Macroporosidade (MAC) e Microporosidade (MIC) dos diferentes tratamentos.

Variável <sup>1</sup>	Prof. (cm)	Tratamentos <sup>2*</sup>					Média
		iLPF2,5	iLPF10	MF	SSF	MN	
Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	0-10	1,06Aab	1,11Aa	1,30Ba	1,04Aa	1,04Aa	1,11
	10-20	1,19Abc	1,19Aa	1,38Ba	1,21Ab	1,15Aa	1,22
	20-30	1,23Ac	1,18Aa	1,39Ba	1,21Ab	1,14Aa	1,23
	30-50	1,05Aa	1,19ABa	1,31Ba	1,26Bb	1,07Aa	1,20
Média		1,13	1,17	1,34	1,18	1,10	1,19
PT (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0-10	0,55Aab	0,53ABa	0,47Ba	0,55Aa	0,53ABab	0,53
	10-20	0,49ABb	0,52Aa	0,44Ba	0,51Aab	0,49ABa	0,49
	20-30	0,52Aab	0,51Aa	0,43Ca	0,48ABb	0,52Aab	0,49
	30-50	0,56Aa	0,50ABa	0,44Ba	0,47Bb	0,56Aa	0,51
Média		0,53	0,52	0,45	0,50	0,53	0,53
MAC (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0-10	0,22Aab	0,18Aa	0,07Ba	0,19Aa	0,18Aa	0,17
	10-20	0,12Ac	0,17Aa	0,11Aa	0,15Aa	0,14Aa	0,14
	20-30	0,14Abc	0,15Aa	0,12Aa	0,13Aa	0,13Aa	0,13
	30-50	0,23Aa	0,13Ba	0,13Ba	0,11Ba	0,11Ba	0,14
Média		0,18	0,16	0,11	0,15	0,14	0,14
MIC (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0-10	0,33Aa	0,34Aa	0,40Aa	0,36Aa	0,34Ab	0,35
	10-20	0,36Aa	0,35Aa	0,32Aab	0,36Aa	0,35Ab	0,35
	20-30	0,37Ca	0,35ABa	0,30Cb	0,35ABa	0,39Aab	0,35
	30-50	0,33Aa	0,36Aa	0,31Ab	0,36Aa	0,44Aa	0,36
Média		0,35	0,35	0,33	0,36	0,38	0,38

<sup>1</sup>Análises realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

<sup>2</sup>Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Em que: iLPF2,5: iLPF a 2,5 m do renque; iLPF10: iLPF a 10 m do renque; MF: Monocultivo Florestal com mogno africano; SSF: Santa Fé; MN: Mata.

Os resultados de Ds são explicados pelo fato de ter sido introduzido nos sistemas iLPF (iLPF2,5 e iLPF10) e SSF a forragem *Brachiaria ruziziensis* como planta de cobertura, com formação de matéria orgânica, o que melhora a estrutura do solo, pois proporciona a cimentação e a estabilização das partículas do solo (SILVA et al., 2013), além de amenizar o impacto negativo do pisoteio animal e distribuindo de forma adequada o peso das máquinas e implementos agrícolas (FREITAS et al., 2011; MORAIS et al., 2012), enquanto no Monocultivo Florestal (MF) não houve essa planta de cobertura e o tráfego de máquinas e implementos agrícolas para a realização de limpeza da área foi muito intenso, refletindo nas camadas do solo com o aumento da Ds. Resultados confirmados por Loss et al. (2014), onde verificaram menores valores de Ds nos sistemas integrados quando comparados com os monocultivos, no estudo em que avaliaram os atributos

físicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de uso, confirmando o benefício de se utilizar sistemas integrados.

Ao analisar apenas os valores de Ds, tais resultados indicam que os sistemas iLPF (iLPF2,5 e iLPF10) e SSF não afetaram este atributo a ponto de torná-lo superior ao nível crítico de 1,30 a 1,40 kg m<sup>-3</sup> (REICHERT et al., 2003), pois segundo Silva et al. (2011), em estudo onde foi avaliado os atributos físicos do solo, em função do cultivo de diferentes espécies vegetais, quando for identificado Ds superior a 1,30 kg m<sup>-3</sup> pode haver restrições ao crescimento e desenvolvimento radicular das plantas. O Monocultivo Florestal apresentou valores acima do nível crítico mínimo (1,30 kg m<sup>-3</sup>), podendo ser atribuído, além da falta de planta de cobertura, à camada compactada resultante de preparo de solo anteriores com aração e gradagem (OLIVEIRA et al., 2013).

De acordo com a Tabela 4, a porosidade total (PT) do solo não indicou diferença significativa entre as profundidades de cada tratamento. Em geral, o sistema iLPF (iLPF2,5 e iLPF10) não apresentou perda de porosidade quando comparado com a Mata Natural, o SSF diferiu do MN apenas na camada 30-50 cm e o MF diferiu do MN (Mata) nas profundidades 20-30 e 30-50 cm.

A manutenção da porosidade do solo nos sistemas iLPF (iLPF2,5 e iLPF10) e Santa Fé, e a proximidade de valores de porosidade total com MN (Tabela 4), ocorreu provavelmente, por não ter sido realizado revolvimento contínuo do solo, bem como em razão do sistema radicular das forrageiras e de invertibrados edáficos, que podem ter contribuído para a melhoria da sua estrutura física (SANTOS et al., 2011). Resultados que confirmam os obtidos por Silva e Martins (2010), onde indicam que o aumento da quantidade de raízes proporciona maiores valores de PT, no estudo em que avaliaram sistema radicular e atributos físicos do solo do cafeeiro sob diferentes espaçamentos.

Ressalta-se a importância dos resíduos vegetais na estrutura do solo em virtude da maior formação e estabilidade de agregados em razão à intensa atividade biológica, refletindo uma maior aeração e infiltração de água no sistema, facilitando assim, o crescimento e desenvolvimento radicular das culturas (JORDAN et al., 2010; CUNHA et al., 2011).

A macroporosidade (MAC) apresentou distinção entre as profundidades apenas no iLPF2,5 (iLPF a 2,5 m do renque), tendo apresentado os maiores valores nas camadas 0-10 e 30-50 cm (Tabela 4). Segundo Vezzani e Mielniczuk (2011), maiores valores de MAC nas profundidades superficiais refletem influência da matéria orgânica na estruturação de solos. A não diferença das camadas 0-10 e 30-50 cm no iLPF2,5 (iLPF a 2,5 m do renque) pode estar associada à proximidade ao renque de árvores, visto que, a espécie florestal possui raízes profundas que influenciam positivamente na MAC.

Em relação aos tratamentos em cada profundidade, apresentaram diferenças de MAC nas profundidades de 0-10 cm, sendo o menor valor apresentado pelo MF e 30-50 cm, sendo o maior valor encontrado no iLPF2,5 (iLPF a 2,5 m do renque), confirmando o efeito positivo dos renques florestais na MAC do solo.

Taylor e Ashcroft (1972), recomendam que valores de MAC superiores a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  são necessários para possibilitar as trocas gasosas e o crescimento das raízes, é notório nos dados do presente trabalho, que apenas o MF apresentou na camada 0-10 cm, média ( $0,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) inferior à  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , entretanto, não diferiu das demais camadas, portanto, para esse atributo, tais valores sugerem que os diferentes manejos do solo em estudo, expressam condições satisfatórias ao desenvolvimento da maioria das plantas (Tabela 4).

Kato et al. (2010), ao avaliarem as propriedades físicas de um LATOSSOLO sob diferentes coberturas vegetais, relataram que o aumento da Ds refletiu em diminuição de MAC e o acréscimo da matéria orgânica,

cujas auxilia na melhor estruturação, aumentou a PT do solo, caso encontrado neste trabalho.

Com relação à microporosidade (MIC), apresentaram diferenças entre as profundidades em estudo, sendo os maiores valores de SSF encontrados nas camadas 0-10 e 10-20 cm e a MN com maiores valores nas camadas 20-30 e 30-50 cm. Quando comparados os tratamentos em relação a cada profundidade, houve diferença significativa em relação aos tratamentos apenas na profundidade de 20-30 cm, sendo apresentados os maiores valores de microporosidade na MN, SSF e iLPF10 (iLPF a 10 m do renque) (Tabela 4).

Os resultados deste estudo corroboram aos obtidos por Santos et al. (2011), onde encontraram maiores valores de microporosidade quando comparado com macroporosidade, em área de cerrado nativo e em áreas sob sistemas integrados.

A implantação de sistemas integrados na região Amazônica Brasileira tem ganhado destaque como alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do manejo de LATOSSOLOS (SILVEIRA et al., 2010). A manutenção da matéria orgânica é necessária para a sustentabilidade da agropecuária, pois os aumentos nos seus níveis levam, geralmente, a uma maior produção vegetal, ampliando a eficiência na utilização dos nutrientes (MALHIA et al., 2011; PAUL et al., 2013), além de influir nos atributos físicos, auxiliando na recuperação e estabilização da estrutura do solo (SILVA et al., 2012).

Ressalta-se o efeito benéfico da utilização de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta na recuperação de áreas degradadas, pois indicaram resultados positivos nos atributos físicos do solo, assim como no teor de carbono orgânico, que propiciam condições mais favoráveis para o estímulo da atividade dos microrganismos e eficiência na absorção de nutrientes pelas plantas, corroborando com o estudo de Brandão (2013), ao caracterizar um LATOSSOLO em sistemas agroflorestais e mata.

## CONCLUSÕES

Os renques de mogno africano (*Khaya ivorensis*) no sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta melhoraram os atributos físicos do solo em profundidade.

O sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta aos dois anos de cultivo e o sistema Santa Fé melhoraram as condições de densidade e porosidade do solo, além dos teores de carbono orgânico do solo quando comparados à Mata nativa, sendo indicado seu cultivo na recuperação de áreas degradadas.

O Monocultivo Florestal com mogno africano (*Khaya ivorensis*) aos dois anos de cultivo promoveu acúmulo de carbono orgânico no solo, porém, provocou impacto negativo à densidade e à porosidade do solo.

## AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, o Projeto iLPF, Projeto PECUS e ao Banco da Amazônia pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.i-xii, out. 2011.
- BOTTEGA, E.L.; BOTTEGA, S.P.; SILVA, S.A.; QUEIROZ, D.M.; SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.2, p.331-336, 2011.
- BLACK, C.A. **Methods of soil analysis: Part 2 - chemical and microbiological properties**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. 1159p.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: ASA, 1986.
- BRANDÃO, F.J.C. **Caracterização de um Latossolo em sistemas agroflorestais e mata com o uso de análise estatística multivariada**. 2013. 129f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2013.
- COGO, F.D.; JUNIOR, C.F.A.; ZINN, Y.L.; JUNIOR, M.S.D.; ALCANTARA, E.N.; GUIMARÃES, P.T.G. Estoques de carbono orgânico do solo em cafezais sob diferentes sistemas de controle de plantas invasoras. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.3, p.1089-1098, mai./jun. 2013.
- CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONET, A.D.; LEANDRO, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.589-602, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200028>>.
- DOMINGUES, M.S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v.15, n.2, p.1-22, mai./ago. 2012.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 2.ed.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises do solo. **Centro Nacional de pesquisa em solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997. 2.ed., 212p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov./dez., 2011.
- FORSYTHE, W. **Física de solos**; manual de laboratório. New Cork: University Press, 1975. 324p.
- FREITAS, L.; CASAGRANDE, J.C.; DESUÓ, I.C. Atributos químicos e físicos de solo cultivado com cana-de-açúcar próximo a fragmento florestal nativo. **Holos Environment**, Rio Claro, v.11, n.2, p.137-147, 2011.
- JORDAN, A.; ZAVALA, L.M.; GIL, J. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. **Catena**, v.81, p.77-85, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2010.01.007>>.
- KATO, E.; RAMOS, M.L.G.; VIEIRA, D.F.A.; MEIRA, A.D.; MOURÃO, V.C. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado, sob diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.5, p.732-738, 2010.
- LIMA, R.P.; LEÓN, M.J.D.; SILVA, A.R. Comparação entre dois penetrometros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Revista Ceres**, v.60, n.04, p.577-581, jul./ago. 2013.
- LLANILLO, R.F.; GUIMARÃES, M.F.; FILHO, J.T. Morfologia e propriedades físicas de solo segundo sistemas de manejo em culturas anuais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.5, p.524-530, 2013.
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; GIACOMO, S.G.; PERIN, A. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.565-579, 2011.
- MATOSO, S.C.G.; SILVA, A.N.; FIORELLI-PEREIRA, E.C.; COLLETA, Q.P.; MAIA, E. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v.42, n.2, p.231-240, 2012.
- MALHIA, S.S.; NYBORG, M.; SOLBERG, E.D.; DYCK, M.F.; PUURVEEN, D. Improving crop yield and N uptake with long-term straw retention in two contrasting soil types. **Field Crops Research**, v.124, p.378-391, 2011.
- MORAIS, T.P.S.; PISSARRA, T.C.T.; REIS, F.C. Atributos físicos e matéria orgânica de um Argissolo Vermelho-Amarelo em microbacia hidrográfica sob vegetação nativa, pastagem e cana-de-açúcar. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.15, p.214-223, 2012.
- NUNES, R.S.; LOPES, A.A.C.; SOUSA, D.M.G.; MENDES, I.C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo de Cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.447, n.35, p.1407-1419, 2011.
- OLIVEIRA, P.R.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; ROSSETI, K.V.; FERRAUDO, A.S.; FRANCO, H.B.J.; PEREIRA, F.S.; BÁRBARO JÚNIOR, L.S. Qualidade estrutural de um latossolo vermelho submetido à compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.3, p.604-612, mai./jun. 2013.
- PAUL, B.K.; VANLAUWE, B.; AYUKE, F.; GASSNER, A.; HOOGMOED, M.; HURISSO, T.T.; KOALA, S.; LELEI, D.; NDABAMENYE, T.; SIX, J.; PULLEMAN, M.M. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.164, p.14-22, 2013.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.
- ROSSETTI, K.V.; CENTURION, J.F. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronosequência sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.252-258, 2015.
- ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em Latossolo Vermelho sob plantio de soja no cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.2, p.233-241, 2012.
- SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; SILVA, E.M.; SILVEIRA, P.M.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1339-1348, 2011.
- SILVA, D.A.; SOUZA, L.C.F.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto. **Bragantia**, v.70, n.1, p.147-156, 2011.
- SILVA, P.C.; COSTA, R.A.; BARBOSA, K.F.; MARTINS, Y.A.M.; PEREIRA, C.B.J. Propriedades físicas indicadoras da qualidade do solo sob diferentes culturas e sistemas de manejo no sudoeste goiano. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p.2201, 2013.
- SILVA, V.L.B.; MARTINS, P.F.S. Propriedades físicas do solo e sistema radicular do cafeeiro, variedade conilon, sob diferentes espaçamentos. **Revista Ciências Agrárias**, v.53, n.1, p.96-101, 2010.
- SILVA, V.L.; DIECKOW, J.; MELLEK, J.E.; MOLIN, R.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F.M. Melhoria da estrutura de um latossolo por sistemas de culturas em plantio direto nos Campos Gerais do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.3, p.983-992, 2012.
- SILVEIRA, P.M.; CUNHA, P.C.R.; STONE, L.F.; SANTOS, G.G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.3, p.283-290, jul./set. 2010.
- TAYLOR, S.A.; ASHCROFT, G.L. **Physical edaphology: the physics of irrigated on nonirrigated soils**. San Francisco: W.H. Freeman, 1972. 532p.
- VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.213-223, 2011.
- 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, n.1, p.256-265, 2012.
- ZHONGKUI, L.; WANG, E.; SUN, O.J. Soil carbon change and its responses to agricultural practices in Australian agro-ecosystems: a review and synthesis. **Geoderma**, v.155, p.211-223, 2010.

