

PROPRIEDADES FÍSICAS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB SISTEMAS INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Arystides Resende Silva¹, Agust Sales², Carlos Alberto Costa Veloso¹ e Eduardo Jorge Maklouf Carvalho¹

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Amazônia Oriental. Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Bairro Marco, Caixa Postal, 48, CEP 66095-100 Belém, PA. E-mail: arystides.silva@embrapa.br.

²Universidade do Estado do Pará, curso de Engenharia Florestal. Rodovia PA-125, s/n, CEP 68625-000, Paragominas, PA.

RESUMO: Objetivou-se avaliar os efeitos dos atributos físicos e o teor de matéria orgânica de um Latossolo Amarelo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Foi utilizado um experimento de integração Lavoura-Pecuária-Floresta com a espécie de eucalipto (Eucalyptus urophylla), sistema Santa Fé, Barreirão, Pastagem e Mata. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, onde os fatores de estudo considerados foram o local de amostragem e profundidades. Analisou-se as propriedades granulométricas, densidade do solo, microporos, macroporos, porosidade total e o teor de matéria orgânica. O alto teor de argila indicou um solo de textura argilosa. Os maiores teores de matéria orgânica entre os sistemas na camada 0-10 cm foram obtidos pelo iLPF seguido pela Pastagem e Mata. A densidade do solo variou significativamente entre os componentes do sistema em estudo. Quanto ao Volume Total de Poros, os sistemas de produção apresentaram diferença entre si em todas as profundidades estudadas. A macroporosidade somente apresentou diferenças significativa nas profundidades de 0-10 e 20-30 cm. Os tratamentos Santa Fé e Pastagem não apresentaram diferenças significativa de microporosidade entre as profundidades. O sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta não apresentou danos na estrutura do solo aos quatro anos de cultivo, ressaltando sua importância na recuperação de áreas degradadas.

PALAVRAS-CHAVE: compactação do solo, Eucalyptus urophylla, sistemas integrados.

PHYSICAL PROPERTIES AND ORGANIC MATTER CONTENT IN OXISOL YELLOW UNDER SYSTEMS INTEGRATION CROP-LIVESTOCK-FOREST

ABSTRACT: Aimed to evaluate the effects of physical attributes and organic matter content of a Oxisol Yellow in Crop-Livestock-Forest integration systems. It was used an experiment of Crop-Livestock-Forest integration with cultivation of eucalyptus (Eucalyptus Urophylla) system Santa Fé, Barreirão, Grassland and Forest. We used a completely randomized design with three replications, where the factors of study considered were the sampling site and depths. Analyzed if the textural properties, bulk density, micropores, macropores, total porosity and organic matter content. The high clay content indicated a clay soil. The higher organic matter content between systems in the layer 0-10 cm were obtained by iLPF followed by pasture and forest. The bulk density varied significantly among the components of the system under study. As for the Total Volume of Poros, the production systems show any difference at all depths studied. The macroporosity only showed significant differences in depth 0-10 and 20-30 cm. The treatments Santa Fe and Grassland no presented differences significant of microporosity between depths. The Crop-Livestock-Forest integration system showed no damage to the soil structure at four years of cultivation, highlighting its importance in recovery of degraded areas.

KEY WORDS: soil compaction, Eucalyptus urophylla, integrated systems.

INTRODUÇÃO

As áreas agrícolas utilizadas em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta vêm se tornando mais expressivas no Brasil, em virtude dos inúmeros benefícios que podem ser obtidos com o uso desse sistema (Balbino et al., 2011). Apesar de sua crescente adoção, ainda há dúvidas e questionamentos sobre possíveis impactos negativos ligados à degradação do ambiente, sobretudo à degradação física do solo devido ao uso e manejos aplicados, como o tráfego de máquinas e pisoteio animal (Moraes et al., 2012), que são uns dos responsáveis pela compactação alterando significativamente a qualidade estrutural do solo, cuja intensidade de modificação varia também com as condições de clima e natureza do solo (Oliveira et al., 2013).

Dos componentes do manejo do solo, o seu preparo talvez seja a atividade que mais influi no seu comportamento físico, pois atua diretamente na estrutura do solo, que indica as condições nas quais poderá provocar restrições ao crescimento radicular de determinada espécie vegetal exercendo influência na disponibilidade de água e ar às raízes das plantas (Lima et al., 2013).

Alguns problemas podem ser evitados com o manejo racional do solo. Muitos atributos físicos do solo têm sido utilizados para quantificar as alterações provocadas 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, a porosidade total e suas frações granulométricas (Wendling et al., 2012) e estão diretamente associados à produtividade de culturas (Bottega et al., 2011). A qualidade física do solo está relacionada com a capacidade que o mesmo possui em permitir o desenvolvimento das plantas sem que ocorra a sua degradação (Llanillo et al., 2013).

A matéria orgânica tem implicações sobre o comportamento físico do solo desempenhando 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 níveis de densidade do solo (Silva et al., 2012). Há pesquisas que indicam a correlação entre os teores de matéria orgânica e a dinâmica dos agregados dos solos. O fornecimento ininterrupto de material orgânico oriundo dos restos culturais e/ou excreções radiculares, cujos subprodutos são formados por moléculas orgânicas em diferentes fases de

decomposição, atua como agente de constituição e estabilização dos agregados, proporcionando melhor estruturação do solo (Fontana et al., 2010). As substâncias húmicas presentes na matéria orgânica estão relacionadas com a agregação benéfica do solo, sendo importantes no processo de formação e estabilização, em função da sua ação cimentante, que possibilita a formação de agregados estáveis (Portugal et al., 2010).

Estudos sobre a utilização de sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta sobre os atributos físicos e o volume de matéria orgânica do solo na região amazônica são incipientes. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos dos atributos físicos e o teor de matéria orgânica de um Latossolo Amarelo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em áreas originalmente sob vegetação da Amazônia legal, na Fazenda Vitória no município de Paragominas – PA, localizada na região leste do estado do Pará a uma altitude de 89 metros a 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 1743 mm. A temperatura média anual varia entre 23,3°C a 27,3°C e a umidade relativa do ar apresenta média anual de 81%. O solo é classificado como Latossolo Amarelo textura argilosa (Embrapa, 2006).

Foi utilizado um experimento de integração Lavoura-Pecuária-Floresta instalado no ano de 2009, em que são avaliados os sistemas integrados com a espécie de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), plantada no espaçamento de 3 x 3 metros. No sistema iLPF o eucalipto foi plantado em duas linhas obedecendo o espaçamento anterior intercalado com um espaçamento de 22 metros para o cultivo das culturas anuais e forragem, avaliou-se também o sistema Santa Fé o qual ocupou uma área de 5 ha, sistema Barreirão que ocupou uma área de 3 ha, uma área de Pastagem e uma de Mata circunvizinha à área experimental.

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 do mesmo ano plantou-se o milho BRS 1030, no espaçamento 0,6 m, na mesma data foi realizado o plantio da espécie florestal com o seu espaçamento mencionado anteriormente, na segunda adubação de cobertura do milho foi semeada a *Brachiaria ruziziensis* (20 kg.ha⁻¹). A segunda cultura a entrar no sistema foi a soja

(cultivar Sambaíba) no ano de 2010, a terceira e quarta cultura foram o milho (BRS 1055) em 2011 e 2012, respectivamente, juntamente com o plantio do milho no ano de 2012 foi semeado o capim Piatã, o qual se encontra no sistema até os dias atuais, todos os cultivos foram conduzidos seguindo as recomendações técnicas para as culturas.

Para fins deste estudo foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, onde os fatores de estudo considerados foram o local de amostragem e profundidades.

Em abril de 2013, coletou-se com anéis volumétricos, amostras de solo com estrutura indeformadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm utilizando o método descrito por Forsythe (1975), Blake e Hartge (1986) para análise das propriedades físicas do solo, nas áreas cultivadas com o sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, sistema Santa Fé, sistema Barreirão, Pastagem e Mata, perfazendo um total de 5 tratamentos. Foram coletadas três amostras indeformadas por profundidade e por tratamento. Para determinação da matéria orgânica, foram coletadas amostras deformadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

A análise granulométrica do solo foi obtida para cada profundidade pelo método da pipeta proposto por Embrapa (1997), obtendo-se o teor de argila (g.kg^{-1}), silte (g.kg^{-1}), areia (g.kg^{-1}). Foram determinados os valores da densidade aparente do solo (Ds), microporos, macroporos e porosidade total utilizando a metodologia proposta por Embrapa (1997). A matéria orgânica (MO) foi determinada pelo método de Walkley e Black, descrito em Black (1965).

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico SISVAR[®] e quando significativo às médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Tabela 1, os maiores teores de matéria orgânica (MO) entre os sistemas na camada 0-10 cm foram obtidos pelo iLPF seguido pela Pastagem e Mata, os quais não diferiram entre si, os menores teores foram indicados pelo sistema Barreirão e Santa Fé não diferindo entre si. Segundo Khorramdel et al. (2013), as técnicas de manejo aplicadas possuem grande influência no acúmulo de MO, possibilitando reduzir, manter ou elevar esses estoques em relação à Mata nativa, sendo essa influência confirmada neste estudo.

Tabela 1 - Matéria orgânica¹ (MO) do solo sob diferentes sistemas de produção nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, Fazenda Vitória, Paragominas – PA

Sistemas	Prof.* (cm)	
	0-10	10-20
iLPF	6,14aA	3,03bA
Barreirão	3,53aB	2,67bB
Santa Fé	3,30aB	2,40bB
Pastagem	6,13aA	2,60bB
Mata	5,60aA	3,10bA

¹Análises realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Observou-se diferença significativa entre as profundidades em todos os sistemas (Tabela 1), indicando que os valores de matéria orgânica decrescem significativamente com a profundidade. Resultados que confirmam os obtidos por Silva (2011b), ao avaliar sistemas agroflorestais submetidos a queima e não queima, em que ocorreu redução do acúmulo de matéria orgânica à medida que aumentava a profundidade. Silva et al. (2014), não constataram diferença entre os tratamentos estudados e sazonalidade, apresentando diferença somente para a profundidade, ao avaliarem o teor da matéria orgânica do solo em diferentes Sistemas Agroflorestais. Neves (2013), em estudo onde foi avaliado diferentes sistemas de uso do solo, denota maiores valores de matéria orgânica nos horizontes superficiais do solo, decrescendo com a profundidade.

A utilização de sistemas integrados tem se destacado como alternativa viável para garantir a sustentabilidade do manejo agrícola de Latossolos da região Amazônia Brasileira (Silveira et al., 2010). Torna-se necessária a manutenção da matéria orgânica para a sustentabilidade da agricultura, visto que os aumentos nos seus níveis conduzem, geralmente, a um maior rendimento das culturas, elevando a eficiência na utilização dos nutrientes (Malhia et al., 2011; Paul et al., 2013), além de exercer influência nas propriedades físicas, auxiliando na recuperação e estabilização da estrutura do solo (Silva et al., 2012).

Os valores médios da análise granulométrica da área experimental mostram que na profundidade de 0-10 cm o teor de argila é de 660 g.kg^{-1} , caracterizando um solo de textura argilosa, com o aumento da profundidade ocorre um aumento gradual no teor de argila, atingindo valores de 725, 770, 790 g.kg^{-1} nas profundidades de 10-20, 20-30 e 30-50 cm, respectivamente (Tabela 2). Genu et al. (2013), associam elevados teores de matéria orgânica, em comparação com mata nativa, aos maiores teores de argila nos solos, ao avaliarem o comportamento espectral de atributos do solo. Concordando com os resultados obtidos por

Freitas et al. (2014), em que houve correlação positiva entre a matéria orgânica e os teores de argila, indicando maiores teores de matéria orgânica em solos com altos teores argila, no estudo em que avaliou-se atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas sob vegetação nativa.

Tabela 2 - Características granulométricas da área experimental, Fazenda Vitória, Paragominas – PA

Características ¹	Unidade	Prof. (cm)			
		0-10	10-20	20-30	30-50
Areia Total		56	44	40	35
Silte	g.kg ⁻¹	284	231	190	175
Argila Total		660	725	770	790

¹Análises realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

A densidade do solo (Ds) variou significativamente entre os componentes dos sistemas em estudo (Tabela 3). Observa-se que a Ds na profundidade superficial apresentou uma grande variabilidade, sendo a menor Ds encontrada na Mata e a maior no sistema Santa Fé, os quais diferiram entre si, variando entre 0,89 a 1,29 kg.dm⁻³ na camada 0-10 cm (Tabela 3). Essa variação significativa dos diferentes sistemas pode ser observada nas diferentes profundidades em estudo, mantendo a Mata com a menor Ds, a qual não diferiu na profundidade de 10-20 cm no sistema Santa fé e Pastagem, na profundidade de 20-30 cm essa não significância foi somente para a Pastagem, já na profundidade de 30-50 cm a Mata manteve a menor Ds em relação aos outros sistemas em estudo (Tabela 3). Silva et al. (2013), verificaram que a Ds foi maior nas áreas cultivadas quando comparadas com a área de mata nativa, em estudo onde foi avaliado as propriedades físicas do solo sob uso de diferentes culturas e sistemas de manejo, indicando que o aumento da Ds na área cultivada pode estar relacionado à redução nos teores de matéria orgânica em comparação com o solo sob mata nativa.

Observa-se na Tabela 3 que nos sistemas Santa Fé e Pastagem não houve diferença significativa entre as profundidades estudadas, enquanto a Mata e o sistema Barreirão apresentaram as maiores Ds nas profundidades de 10-20, 20-30 e 30-50 cm, as quais não apresentaram diferença entre si. Já no sistema iLPF as maiores Ds foram encontradas na profundidade de 10-20 cm seguida das profundidades 20-30 e 30-50 cm, mostrando em que todos os sistemas as profundidades superficiais apresentaram os menores valores de Ds, esses resultados indicam um efeito mais pronunciado do aumento da Ds em profundidade, podem ser explicados possivelmente, em razão ao maior teor de matéria orgânica na camada

superficial, promovido pelos sistemas integrados, favorecer a redução da densidade e aumentar a estruturação do solo, visto que a matéria orgânica proporciona a cimentação e a estabilização das partículas do solo (Silva et al., 2013), amenizando o impacto do pisoteio animal e tráfego intensivo de máquinas e implementos agrícolas, que são fatores que aumentam a degradação da estrutura do solo em profundidade e deixam o solo vulnerável à compactação (Freitas et al., 2011; Morais et al., 2012).

Tabela 3 - Densidade do solo (Ds), Volume Total de Poros (VTP), Macroporosidade (MAC) e Microporosidade (MIC) dos sistemas de produção, Fazenda Vitória, Paragominas – PA

Variável ¹	Prof. (cm)	Sistemas*				
		iLPF	Barreirão	Santa Fé	Pastagem	Mata
Ds (kg.dm ⁻³)	0-10	1,20cA	1,09bA	1,29dA	1,16cA	0,89aA
	10-20	1,50bC	1,40bB	1,25aA	1,20aA	1,15aB
	20-30	1,36cB	1,42cB	1,08aA	1,21bA	1,18bB
	30-50	1,30cB	1,44dB	1,21bA	1,19bA	1,13aB
VTP (m ³ .m ⁻³)	0-10	0,44bA	0,51aA	0,42bA	0,46bA	0,57aA
	10-20	0,41bA	0,33bB	0,46aA	0,47aA	0,50aB
	20-30	0,41bA	0,37bB	0,49aA	0,48aA	0,49aB
	30-50	0,45aA	0,32bB	0,48aA	0,49aA	0,51aB
MAC (m ³ .m ⁻³)	0-10	0,23aA	0,18aA	0,11bA	0,07bA	0,13bA
	10-20	0,18aA	0,15aA	0,14aA	0,10aA	0,11aA
	20-30	0,09bB	0,18aA	0,16aA	0,07bA	0,11bA
	30-50	0,09aB	0,17aA	0,16aA	0,06aA	0,13aA
MIC (m ³ .m ⁻³)	0-10	0,21cC	0,32bA	0,31bA	0,39aA	0,44aA
	10-20	0,23cC	0,18cB	0,32bA	0,36aA	0,38aB
	20-30	0,32bB	0,19cB	0,33bA	0,41aA	0,37aB
	30-50	0,35bA	0,15cB	0,32bA	0,42aA	0,38bB

¹Análises realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Analisando apenas os valores de Ds, tais resultados indicam que o sistema iLPF utilizando o eucalipto e os demais em estudo não afetaram este atributo a ponto de torná-lo superior ao nível crítico de 1,40 a 1,80 kg.m⁻³ (Reinert et al., 2008), pois segundo Silva et al. (2011), ao avaliarem os atributos físicos do solo, em função do cultivo de diferentes espécies vegetais, relataram que pode haver restrições para o crescimento e desenvolvimento das raízes das plantas quando for identificado Ds superior a 1,30 kg.m⁻³, confirmado por Spera et al. (2009), em estudo onde avaliaram o efeito de sistemas de produção sob sistema plantio direto, após dez anos, sobre as características físicas do solo, que configuram os valores de Ds como forma de caracterizar o comportamento do crescimento radicular das plantas, assim como

representar o nível de compactação do solo. O sistema iLPF e Barreirão apresentaram valores de D_s superiores à faixa crítica mínima, nas camadas 10-20, 20-30 e 30-50 cm, que podem ser atribuídos à camada compactada residual resultante de preparo de solos anteriores com aração e gradagem (Oliveira et al., 2013).

Quanto ao Volume Total de Poros (VTP), obteve o comportamento inverso ao da D_s nos tratamentos avaliados, ou seja, quanto menor a densidade do solo, maior a porosidade total (Tabela 3). Os sistemas de produção apresentaram diferença entre si em todas as profundidades estudadas. Silva e Martins (2010), em trabalho onde foi avaliado sistema radicular e propriedades físicas do solo, indicam que o aumento da quantidade de raízes proporciona maiores valores de VTP, confirmando os resultados obtidos neste trabalho.

Apresentaram diferença significativa de VTP entre as profundidades somente a Mata e o sistema Barreirão, os quais apresentarão os maiores valores de VTP na profundidade superficial de 0-10 cm (Tabela 3), o que reflete menor D_s e pode ser atribuída ao acúmulo de material orgânico na camada superficial, considerando o manejo do solo sem o revolvimento, no caso da Mata, e no sistema Barreirão pelo fato da aração ser realizada em maior profundidade do que os outros sistemas, rompendo camadas compactadas ou adensadas, auxiliando na redução da D_s (Hickmann et al., 2012).

Enquanto menor VTP nas profundidades sub superficiais reflete maior D_s e é provavelmente explicado por modificações na estrutura advindas do pisoteio animal ou trânsito de máquinas ou implementos (Oliveira et al., 2013), sendo profundidades que não sofrem revolvimento, corroborando com os obtidos por Miranda et al. (2003), que observou o efeito da compactação causado pelo tráfego de um trator agrícola na profundidade 10 a 20 cm e com os obtidos por Silva et al. (2007) segundo o qual a camada compactada localizou-se na profundidade de 5 a 25cm em um Latossolo Amarelo. Segundo Pezarico et al. (2013), solos que indicam maior densidade apresentam diminuição do VTP, redução da permeabilidade e da infiltração de hídrica, rompimento dos agregados e aumento da resistência mecânica à penetração, comprometendo a qualidade física do solo. Ressalta-se a importância dos resíduos vegetais na estrutura do solo em decorrência da maior formação e estabilidade de agregados devido a intensa atividade biológica favorecendo a infiltração e aeração para desenvolvimento das plantas (Jordan et al., 2010; Cunha et al., 2011).

A macroporosidade (MAC) apresentou distinção significativa entre as profundidades somente para o tratamento iLPF com um valor maior de MAC na profundidade de 0-10 e 10-20 cm, os outros tratamentos não apresentaram diferença significativa entre as profundidades (Tabela 3). Maiores valores de MAC nas profundidades superficiais refletem influência da

matéria orgânica na estruturação de solos (Vezzani e Mielniczuk, 2011), e isto pode explicar por que a densidade de solo foi menor na camada superficial do que nas mais profundas, enquanto, para VTP e MIC, ocorreu o inverso (Tabela 3). Kato et al. (2010), no estudo em que avaliaram as propriedades físicas de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais, indicaram que com aumento da Ds ocorre diminuição de macroporos e a adição da matéria orgânica, cuja auxilia na melhor estruturação, eleva o VTP do solo, caso encontrado neste trabalho.

Em relação aos tratamentos em cada profundidade somente apresentaram diferenças significativa nas profundidades de 0-10 e 20-30 cm, nas profundidades de 10-20 e 30-50 cm não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3), corroborando com os resultados de Mota et al. (2012), onde não observaram diferença de MAC na camada 10-20 cm, denotando maior influência dos diferentes sistemas de produção, apenas na camada mais superficial (0-10 cm), em estudo que avaliaram a qualidade do solo, comparando área de pastagem, culturais anuais e vegetação nativa, com área de reflorestamento cultivada com eucalipto de distintas idades.

Os valores de MAC variaram de 0,06 a 0,23 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ (Tabela 3). Taylor e Ashcroft (1972), ressaltam que valores de MAC superiores a 0,10 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ são necessários para permitir as trocas gasosas e o crescimento das raízes, nota-se nos dados do presente trabalho, que a maioria dos valores de MAC são superiores a 0,10 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$, exceto para o sistema iLPF na profundidade de 20-30 e 30-50 cm que foram de 0,09 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$, os quais diferem das outras profundidades estatisticamente. Para a Pastagem, nas profundidades de 20-30 e 30-50 cm, foi de 0,07 e 0,06 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$, respectivamente, entretanto esses valores não diferiram significativamente significativa das outras profundidades as quais apresentaram valores superiores os níveis críticos, portanto para esse atributo tais valores sugerem que o sistema iLPF independentemente dos diferentes cultivos expressa condições satisfatórias ao desenvolvimento da maioria das plantas (Tabela 2).

Com relação à microporosidade (MIC), os tratamentos Santa Fé e Pastagem não apresentaram diferenças significativa entre as profundidades em estudo, enquanto os outros tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si, tendo a Mata e a Pastagem apresentado uma maior MIC na profundidade de 0-10 cm e o iLPF o maior valor foi na profundidade de 30-50 cm seguido da de 20-30 cm (Tabela 3). Spera et al. (2010), observaram melhoria da MIC ao passar dos anos, e não diferindo estatisticamente de solos sob vegetação nativa, em apreciação contínua de sistemas de integração Lavoura-Pecuária. De acordo com Silva (2011a), macroporos são predominantes em solos arenosos, enquanto em

solos argilosos a tendência é predominar microporos, devido solos argilosos possuírem microagregados pela partícula de argila, o que lhe conferem uma maior MIC, como observado neste estudo.

Quando comparados os tratamentos em relação a cada profundidade houve diferenças significativas em relação aos tratamentos nas quatro profundidades em estudo, sendo que na profundidade 0-10 cm a variação da MIC foi de 0,21 a 0,44 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, enquanto na de 10-20 cm essa variação foi de 0,18 a 0,38 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, na de 20-30 cm foi de 0,19 a 0,41 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, na de 30-50 cm essa variação foi de 0,15 a 0,42 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (Tabela 3). Os resultados de MIC corroboram-se aos obtidos por Santos et al. (2011), onde encontraram maiores valores de MIC quando comparado com MAC, em área de cerrado nativo e em área sob sistema integração lavoura pecuária.

Ressalta-se o benefício da utilização de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta na recuperação de áreas degradadas, pois demonstraram resultados positivos nas propriedades físicas do solo, assim como no teor de matéria orgânica, 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

A densidade do solo, volume total de poros, macroporosidade e microporosidade de todos os sistemas estudados apresentaram valores dentro da faixa considerada não restritiva ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

O sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta não apresentou danos na estrutura do solo aos quatro anos de cultivo, ressaltando sua importância na recuperação de áreas degradadas.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

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 distroférico. **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**, 1159 p. 1965.

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**. Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200028>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Manual de métodos de análises do solo. **Centro Nacional de pesquisa em solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 2º ed. 212 p. 1997.

FONTANA, A.; BRITO, R.J.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A. Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros, Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, p.291-297, 2010. doi: 10.5239/agrariav5i3a461.

FORSYTHE, W. *Física de Suelos; manual de laboratório*. **New Cork: University Press**, 324p. 1975.

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.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J.C.; OLIVEIRA, V.M.R.; OLIVEIRA, I.A.; MORETI, T.C.F. Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas sob vegetação nativa. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, n.18; p.523-534. 2014.

GENU, A.M.; DEMATTÊ, J.A.M.; NANNI, M.R. Caracterização e comparação do comportamento espectral de atributos do solo obtidos por sensores orbitais (ASTER e TM) e terrestres (IRIS). **Ambiência**, v.9, n.2, p.279-288, 2013.

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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2010.01.007>.

HICKMANN, C.; COSTA, L.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES, R.B.A.; ANDRADE, C.L.T. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um argissolo após 23 anos de diferentes manejos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.1, p.128-136, 2012.

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.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. **Soil & Tillage Research**, v.133, p.25-31, 2013.

LIMA, R.P.; LEÓN, M.J.D; SILVA, A.R. Comparação entre dois penetrômetros 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.

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.

MOTA, F.O.B.; NESS, R.L.L.; MOTA, J.C.A.; CLEMENTE, C.A.; SOUSA, S.C. Physical quality of na oxisol under different uses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:1828-1835. 2012.

MIRANDA, E.É.V.; DIAS JUNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; PINTO, J.A.O.; ARAUJO JUNIOR, C.F.; LASMAR JUNIOR, E. Efeito do manejo e do tráfego nos modelos de sustentabilidade da estrutura de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. E. Esp, p.1506-1515, 2003.

NEVES, Y.Y.B. **Características de diferentes sistemas de uso do solo em Cruzeiro do Sul, Acre**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras: UFLA, 103p. 2013.

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, maio/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.

PORTUGAL, A.F. JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C.E.R.G.; NEVES, J.C.L. Estabilidade de agregados em Argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, v.57, p.545- 553, 2010.

PEZARICO, C.R.; VITORINO, A.C.T.; MERCANTE, F.M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.56, n.1, p.40-47, 2013.

REINERT, D.J.; ALBURQUERQUE, J.A.; REICHERT, M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 464 32:1805-1816. 2008.

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, C.A. **Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo vermelho cultivado com cana-de-açúcar em sistema de colheita mecanizada**. 75f. 2011. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Aquidauana, MS: 2011a.

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. 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, S.A.S. **Avaliação dos atributos químicos e microbianos em latossolo amarelo sob sistema agroflorestral e floresta secundária em Bragança, Pará**. Tese (Doutorado). 2011. 97p. Universidade federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém – PA, 2011b.

SILVA, S.A.S.; MORAES, A.C.S.; GONÇALVES, D.B.; LEÃO, F.M. Avaliação da matéria orgânica e pH do solo em sistemas agroflorestais localizados na região de Altamira-Pa. **Agrarian Academy**, Goiânia, v.1, n.02; p.15. 2014.

SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M.; MENDONÇA, E.S.; LEITE, P.L. Alterações do solo influenciadas pelo tráfego e carga de um “Forwarder” nas entrelinhas de uma floresta de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.2. p.371-377. 2007.

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, jan/jun. 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.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOM, G.O. Efeito de integração entre lavoura e pecuária, sob plantio direto, em alguns atributos físicos do solo após dez anos. **Bragantina**, Campinas, v.69, n.3, p.695-704. 2010.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOM, G.O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:129-136. 2009.

TAYLOR, S.A.; ASHCROFT, G.L. Physical edaphology: the physics of irrigated on nonirrigated soils. **San Francisco**: W.H. Freeman, 532p. 1972.

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. doi: 10.1590/S0100-06832011000100020.

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.