

# **Efeito do cultivo de paricá em sistemas integração lavoura-pecuária-floresta sobre as propriedades físicas e teor de matéria orgânica de um Latossolo Amarelo**

Arystides Resende Silva<sup>1</sup>, Agust Sales<sup>2</sup>, Carlos Alberto Costa Veloso<sup>3</sup>  
e Eduardo Jorge Maklouf Carvalho<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, D.Sc. em Solos e Nutrição de Planta, Pesquisador A da Empresa 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. <sup>2</sup>Graduando do curso de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Pará, Rodovia PA-125, s/n, Bairro Angelim, CEP 68625-000, Paragominas (PA). E-mail: agustsales@hotmail.com. <sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Planta, Pesquisador A da Empresa 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: carlos.veloso@embrapa.br. <sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Planta, Pesquisador A da Empresa 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: eduardo.maklouf@embrapa.br

Resumo - A estrutura é um dos atributos mais importantes do solo sob o ponto de vista agrícola, tendo participação substancial nas relações solo-planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do cultivo de paricá em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta sobre as propriedades físicas e o teor de matéria orgânica de um Latossolo Amarelo. Foi utilizado um experimento de integração lavoura-pecuária-floresta com a espécie de paricá (*Schizolobium amazonicum*), sistema Santa Fé, sistema 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. Foram analisadas 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 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 significativas nas profundidades de 0-10 e 20-30 cm. Somente o sistema Barreirão e Mata apresentaram diferenças significativas de microporosidade entre as profundidades. O sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta apresentou valores dentro dos níveis considerados não restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas e não apresentou danos na estrutura do solo.

Palavras-chave: compactação do solo, *Schizolobium amazonicum*, sistemas integrados.

## **Effect of paricá cultivation in integration systems crop-livestock-forest about the physical properties and organic matter content of a Oxisol Yellow**

Abstract - The structure is one of the most important attributes of the soil under the agricultural point of view, having substantial participation in soil-plant relationships. The objective of this study was to evaluate the cultivation effect of paricá in integration systems crop-livestock-forest about the physical properties and organic matter content of a Oxisol Yellow. It was used an experiment of crop-livestock-forest integration with the kind of paricá (*Schizolobium amazonicum*) Santa Fé system, Barreirão system, Grassland and Forest. We used a completely randomized design with three replications, where the factors of study considered were the sampling site and depths. Were analyzed 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 0-10 cm layer was obtained by Grassland and Forest. The soil 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 0-10 and 20-30 cm. Only Barreirão and Mata system showed significant differences between depths of microporosity. The Crop-Livestock-Forest integration system showed values within the levels considered not restrictive to the development of the root system of plants and showed no damage to the soil structure.

Keywords: soil compaction, *Schizolobium amazonicum*, integrated systems.

### **Introdução**

O uso de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta vem se tornando mais expressivos no Brasil, em razão dos diversos benefícios que podem ser proporcionados com a utilização desse

sistema (Balbino et al., 2011). Apesar de sua crescente aceitação, ainda há questionamentos e dúvidas sobre possíveis impactos negativos ligados à degradação do ambiente, sobretudo à degradação física do solo devido ao uso e atividades aplicadas, como o tráfego de máquinas e implementos e o

pisoteio animal (Moraes et al., 2012), que são uns dos fatores que correspondem diretamente pela compactação modificando significativamente a qualidade estrutural do solo, cuja intensidade de alteração varia também com as condições de clima e natureza do solo (Oliveira et al., 2013).

Das atividades de manejo do solo, é possível que o seu preparo seja a aplicação que mais exerce influência no seu comportamento físico, visto que atua diretamente na estrutura do solo indicando as condições nas quais poderá provocar restrições ao crescimento radicular de determinada espécie vegetal influenciando na disponibilidade de água e ar às raízes das plantas (Lima et al., 2013).

O manejo racional do solo pode evitar alguns problemas. Muitos atributos físicos do solo têm sido utilizados para quantificar as modificações geradas pelas diferentes práticas 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 associados diretamente no rendimento de culturas (Bottega et al., 2011). A qualidade física do solo está associada com a capacidade que o mesmo possui em possibilitar o desenvolvimento das plantas sem que ocorra a sua degradação (Llanillo et al., 2013).

O comportamento físico do solo recebe implicações da matéria orgânica, a qual exerce 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, diminuindo assim, os níveis de densidade do solo (Silva et al., 2012).

Há estudos que demonstram a correlação entre os teores de matéria orgânica e a dinâmica dos agregados dos solos. O fornecimento constante de material orgânico provenientes dos restos culturais e/ou excreções radiculares, cujos subprodutos são gerados por moléculas orgânicas em distintas 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).

Pesquisas sobre o emprego de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta sobre as propriedades físicas e o estoque de matéria orgânica

do solo na região amazônica são exordiais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do cultivo de paricá (*Schizolobium amazonicum*) em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta sobre as propriedades físicas e o teor de matéria orgânica de um Latossolo Amarelo.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado em áreas originalmente sob vegetação da Amazônia legal, na Fazenda Vitória, localizada no município de Paragominas - PA, região nordeste do estado do Pará (2° 57' 29,47" S e 47° 23' 10,37" W) a uma altitude de 89 m. O clima é classificado como Aw, segundo classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 1743 mm. A temperatura média anual varia entre 23,3 e 27,3 °C e a umidade relativa do ar média anual é de 81%. O solo é classificado como Latossolo Amarelo textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

Utilizou-se um experimento de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) implantado no ano de 2009, em que são avaliados os sistemas integrados com a espécie de paricá (*Schizolobium amazonicum*), plantada em espaçamento de 4 x 3 metros. No sistema iLPF o paricá foi plantado em duas linhas obedecendo o espaçamento anterior intercalado com um espaçamento de 21 metros para o cultivo das culturas anuais e forrageiras, avaliou-se também o sistema Barreirão que ocupou uma área de 3 ha, sistema Santa Fé o qual ocupou uma área de 5 ha, uma área de Pastagem e uma de Mata circunvizinha à área experimental.

Antes da instalação do experimento a área utilizada vinha sendo mantida sob pastagem cultivada, com a exploração de gado de corte em sistema de pastejo 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 semeou-se o milho BRS 1030, no espaçamento 0,6 m, na mesma data foi realizado o plantio do paricá com o seu espaçamento mencionado anteriormente, na segunda adubação de cobertura do milho foi semeada a *Brachiaria ruziziensis* (20 kg.ha<sup>-1</sup>). A segunda cultura a ser semeada no sistema foi a soja (cultivar Sambaíba) no ano de 2010. No ano de 2011 e 2012, realizou-se o plantio de milho (BRS 1055), sendo que em 2012 o plantio foi realizado em consórcio com 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 trabalho utilizou-se 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 amostras de solo com estrutura indeformadas através de anéis volumétricos nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm utilizando o método proposto por Forsythe (1975), Blake & Hartge (1986) para análise das propriedades físicas do solo, nas áreas cultivadas com o sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), sistema Barreirão, sistema Santa Fé, Pastagem e Mata, totalizando 5 tratamentos. Foram coletadas três amostras indeformadas por profundidade e por tratamento. Foram coletadas amostras deformadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm para determinar a matéria orgânica.

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

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

## Resultados e Discussão

Os maiores teores de matéria orgânica (MO) entre os sistemas (camada 0-10 cm) foram obtidos pela Pastagem e Mata, os quais não diferiram entre si, os menores teores foram indicados pelo sistema Barreirão, Santa Fé e iLPF não diferindo entre si (Tabela 1). Khorramdel et al. (2013), relatam que as atividades de manejo adotadas possuem grande influência no acúmulo de MO, permitindo reduzir, manter ou elevar esse acúmulo em relação à Mata nativa, sendo essa influência confirmada neste estudo.

Os sistemas integrados têm ganhado destaque como alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do manejo agrícola de Latossolos da região da Amazônia Brasileira (Silveira et al., 2010). Torna-se de fundamental importância a manutenção da matéria orgânica para a sustentabilidade da agricultura, pois os incrementos nos seus níveis encaminham, geralmente, a uma maior produção das culturas, aumentando a eficiência na utilização dos

nutrientes (Malhia et al., 2011; Paul et al., 2013), além de influir nas propriedades físicas, auxiliando na recuperação e estabilização da estrutura do solo (Silva et al., 2012).

**Tabela 1.** Matéria orgânica<sup>1</sup> (MO) do solo dos diferentes sistemas de produção nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, Fazenda Vitória, Paragominas-PA.

Sistemas	Prof.* (cm)	
	0-10	10-20
iLPF	3,23 aB	2,27 bB
Barreirão	3,53 aB	2,67 bB
Santa Fé	3,30 aB	2,40 bB
Pastagem	6,13 aA	2,60 bB
Mata	5,60 aA	3,10 bA

<sup>1</sup>Análises 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 ( $p < 0,05$ ).

Os resultados da análise granulométrica na área experimental demonstram que na profundidade de 0-10 cm o teor de argila é de  $660 \text{ g.kg}^{-1}$ , caracterizando um solo de textura argilosa (Tabela 2). Com o aumento da profundidade nota-se um aumento gradual no teor de argila, resultando valores de 725, 770, 790  $\text{g.kg}^{-1}$  nas profundidades de 10-20, 20-30 e 30-50 cm, respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Características granulométricas da área experimental, Fazenda Vitória, Paragominas, estado do Ceará.

Características <sup>1</sup> ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	Prof. (cm)			
	0-10	10-20	20-30	30-50
Areia Total	56	44	40	35
Silte	284	231	190	175
Argila Total	660	725	770	790

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

O resultado vem de encontro com o descrito por Freitas et al. (2014), no estudo em que avaliaram os atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas sob vegetação nativa, observaram correlação positiva entre a matéria orgânica e os teores de argila, demonstrando maiores teores de matéria orgânica em solos com altos teores argila, concordando com os resultados obtidos por Genu et al. (2013), ao avaliarem o comportamento espectral de atributos do

solo, onde associam altos teores de matéria orgânica, em comparação com mata nativa, aos maiores teores de argila nos solos.

Os sistemas apresentaram variação significativa na densidade do solo (Ds) entre todos os componentes

(Tabela 3). Nota-se que a Ds na profundidade superficial (0-10 cm) apresentou variação significativa, 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<sup>-3</sup> (Tabela 3).

**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 <sup>1</sup>	Prof. (cm)	Sistemas*				
		iLPF	Barreirão	Santa Fé	Pastagem	Mata
Ds (kg.dm <sup>-3</sup> )	0-10	1,05 bA	1,09 bA	1,29 dA	1,16 cA	0,89 aA
	10-20	1,17 aB	1,40 bB	1,25 aA	1,20 aA	1,15 aB
	20-30	1,25 bB	1,42 cB	1,08 aA	1,21 bA	1,18 bB
	30-50	1,21 bB	1,44 dB	1,21 bA	1,19 bA	1,13 aB
VTP (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )	0-10	0,52 aA	0,51 aA	0,42 bA	0,46 bA	0,57 aA
	10-20	0,49 aA	0,33 bB	0,46 aA	0,47 aA	0,50 aB
	20-30	0,47 aA	0,37 bB	0,49 aA	0,48 aA	0,49 aB
	30-50	0,49 aA	0,32 bB	0,48 aA	0,49 aA	0,51 aB
MAC (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )	0-10	0,16 aA	0,18 aA	0,11 bA	0,07 bA	0,13 bA
	10-20	0,13 aA	0,15 aA	0,14 aA	0,10 aA	0,11 aA
	20-30	0,08 bA	0,18 aA	0,16 aA	0,07 bA	0,11 bA
	30-50	0,12 aA	0,17 aA	0,16 aA	0,06 aA	0,13 aA
MIC (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )	0-10	0,36 bA	0,32 bA	0,31 bA	0,39 aA	0,44 aA
	10-20	0,36 aA	0,18 cB	0,32 bA	0,36 aA	0,38 aB
	20-30	0,38 aA	0,19 cB	0,33 bA	0,41 aA	0,37 aB
	30-50	0,36 bA	0,15 cB	0,32 bA	0,42 aA	0,38 bB

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

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula, nas linhas, maiúscula, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Essa grande variabilidade dos sistemas de produção 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 iLPF, Santa fé e Pastagem, na profundidade de 20-30 cm essa não significância foi somente para o sistema iLPF e Pastagem, tendo o sistema Santa Fé a menor Ds, já na profundidade de 30-50 cm a Mata manteve a menor Ds em relação aos outros sistemas em estudo (Tabela 3). Segundo Silva et al. (2013), em estudo onde avaliaram as propriedades físicas do solo sob uso de diferentes culturas e sistemas de manejo, verificaram que a Ds foi maior nas áreas cultivadas quando comparadas com a área de mata nativa, sugerindo que o aumento da Ds na área cultivada pode estar associado à redução nos teores de matéria orgânica quando comparado com o solo sob mata nativa.

Na Tabela 3, observa-se que o sistema Santa Fé e Pastagem não apresentaram diferença significativa entre as profundidades estudadas, enquanto o sistema iLPF, Barreirão e Mata apresentaram as maiores Ds

nas profundidades de 10-20, 20-30 e 30-50 cm, as quais não apresentaram diferença entre si. Todos os sistemas demonstrando que as profundidades superficiais apresentaram os menores valores de Ds, exceto o sistema Santa Fé, onde a menor Ds foi encontrada na camada 20-30 cm, não diferindo significativamente das outras profundidades (Tabela 3). Tais resultados indicam um efeito mais pronunciado do aumento da Ds em profundidade, que podem ser explicados, devido ao maior teor de matéria orgânica na camada superficial, provenientes dos sistemas integrados, de forma a favorecer a redução da densidade e aumentar a estruturação do solo, pois a matéria orgânica possibilita a cimentação e a estabilização das partículas do solo (Silva et al., 2013), reduzindo o impacto negativo do tráfego de máquinas e implementos agrícolas e do intenso pisoteio animal, que estão atribuídos ao aumento da degradação da estrutura do solo em profundidade e deixam o solo vulnerável à compactação (Freitas et al., 2011; Morais et al., 2012).

Analisando apenas os valores de Ds, tais resultados indicam que o sistema iLPF com cultivo do paricá e os demais sistemas em estudo não afetaram este atributo a ponto de torná-lo superior ao nível crítico de 1,40 a 1,80 kg.m<sup>-3</sup> sugerido por Reinert et al. (2008), de acordo Silva et al. (2011), pode haver restrições para o desenvolvimento das raízes das plantas quando for identificado Ds superior a 1,30 kg.m<sup>-3</sup>, ao avaliarem os atributos físicos do solo, em função do cultivo de diferentes espécies vegetais, confirmado pelo estudo de Spera et al. (2009), 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 desenvolvimento radicular das plantas, bem como representar o nível de compactação do solo. Somente o sistema Barreirão apresentou valores de Ds superiores ao nível crítico mínimo, nas profundidades 10-20, 20-30 e 30-50 cm, que podem ser relacionados à camada compactada residual resultante de preparo de solos anteriores com aração e gradagem (Oliveira et al., 2013).

Em relação ao Volume Total de Poros (VTP), indicou comportamento inverso ao da Ds nos tratamentos avaliados, ou seja, quanto menor a Ds, maior o VTP (Tabela 3). Os sistemas estudados apresentaram diferença entre si em todas as profundidades. Segundo Silva e Martins (2010), o aumento da quantidade de raízes proporciona maiores valores de VTP, afirmação obtida no trabalho em que foi avaliado sistema radicular e propriedades físicas do solo, confirmando os resultados obtidos neste trabalho em razão das características dos sistemas.

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

Enquanto menores valores VTP nas profundidades sub superficiais reflete maior Ds e é provavelmente explicado por alterações na estrutura advindas do pisoteio animal ou trânsito de máquinas ou implementos (Oliveira et al., 2013), sendo profundidades que não sofrem revolvimento, corroborando com 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 resultados obtidos por Silva et al. (2007), segundo o qual a camada compactada foi encontrada na profundidade de 5 a 25 cm em um Latossolo Amarelo. Pezarico et al. (2013), relata que solos que indicam maior densidade apresentam diminuição do VTP, redução da permeabilidade e da infiltração de hídrica, rompimento dos agregados e elevação da resistência mecânica à penetração, reduzindo a qualidade física do solo. Os resíduos vegetais são de essencial importância na estrutura do solo em decorrência da maior formação e estabilidade de agregados devido a intensa atividade biológica aumentando a infiltração e aeração para desenvolvimento das plantas (Jordan et al., 2010; Cunha et al., 2011).

A macroporosidade (MAC) não indicou diferença significativa entre as profundidades dos sistemas (Tabela 3). Segundo Vezzani & Mielniczuk (2011), maiores valores de MAC nas profundidades superficiais refletem influência da matéria orgânica na estruturação de solos, e isto pode explicar por que a Ds foi menor na camada superficial do que nas mais profundas, enquanto, para VTP e MIC, ocorreu o inverso (Tabela 3). Kato et al. (2010), relataram que com aumento da Ds ocorre diminuição de macroporos e o incremento da matéria orgânica, cuja auxilia na melhor estruturação, aumenta o VTP do solo, em estudo onde avaliaram as propriedades físicas de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais, caso encontrado neste trabalho.

Em relação aos sistemas 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 sistemas (Tabela 3), corroborando com os resultados obtidos por Mota et al. (2012), em estudo onde avaliaram a qualidade do solo, comparando área de pastagem, culturais anuais e vegetação nativa, com área de reflorestamento cultivada com eucalipto de distintas idades, em que 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).

Taylor & Ashcroft (1972) indicam que valores de MAC superiores a 0,10 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup> são necessários para permitir as trocas gasosas e o crescimento das raízes. Os valores de MAC variaram de 0,06 a 0,18 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup> (Tabela 3). Nota-se nos dados do presente trabalho, que a maioria dos valores de MAC são superiores a 0,10 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>, exceto para o sistema iLPF na

profundidade de 20-30 cm que foi de  $0,08 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , o qual não diferiu das outras profundidades estatisticamente. Para a Pastagem, nas profundidades de 20-30 e 30-50 cm, foi de  $0,07$  e  $0,06 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , respectivamente, porém, 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 3).

Com relação à microporosidade (MIC), os sistemas iLPF, Santa Fé e Pastagem não apresentaram diferenças significativa entre as profundidades em estudo, enquanto os outros tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si, tendo o sistema Barreirão e Pastagem apresentado uma maior MIC na profundidade de 0-10 cm (Tabela 3). Spera et al. (2010), em apreciação contínua de sistemas de integração Lavoura-Pecuária, observaram melhoria da MIC ao passar dos anos, e não diferindo estatisticamente de solos sob vegetação nativa. Segundo 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 verificado neste estudo.

Quando comparado os tratamentos em relação a cada profundidade houve diferenças significativas em relação aos tratamentos nas quatro profundidades estudadas, sendo os maiores valores de MIC encontrados na Mata e Pastagem (Tabela 3). Na profundidade 0-10 cm a variação da MIC foi de  $0,31$  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 a benfeitoria da utilização de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta na recuperação de áreas degradadas, visto que indicaram resultados positivos nas propriedades físicas do solo, assim como no teor de matéria orgânica, que proporcionam condições mais favoráveis para o estímulo da atividade dos microrganismos e eficiência na utilização de nutrientes pelas plantas corroborando com o estudo de Brandão (2013), ao

caracterizar um Latossolo em sistemas agroflorestais e mata.

## Conclusões

1. Os teores de matéria orgânica tiveram correlação com os teores de argila e exerceram influência nas propriedades físicas do solo.

2. A densidade do solo, volume total de poros, macroporosidade e microporosidade de todos os sistemas do estudo apresentaram valores dentro dos níveis considerados não restritivos ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

3. O sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta aos quatro anos de cultivo não demonstrou danos na estrutura do solo, 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.1-12, 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**, 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.

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**, v.36, p.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 agroflorestal e floresta secundária em Bragança, Pará**. Tese (Doutorado). 2011. Universidade federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém – PA, 97p. 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.2; 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.