

## Comportamento das propriedades físicas do solo sob influência dos diferentes componentes de um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta

**Arystides Resende Silva<sup>(1)</sup>; Agust Sales<sup>(2)</sup>; Carlos Alberto Costa Veloso<sup>(1)</sup>; Eduardo Jorge Maklouf Carvalho<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Pesquisador 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](mailto:arystides.silva@embrapa.br); [carlos.veloso@embrapa.br](mailto:carlos.veloso@embrapa.br); [eduardo.maklouf@embrapa.br](mailto:eduardo.maklouf@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](mailto:agustsales@hotmail.com).

**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 a dinâmica dos atributos físicos do solo influenciados por diferentes componentes de um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). Os tratamentos avaliados foram: sistema iLPF amostrado em dois locais, na área ocupada pelas culturas anuais consorciadas com forragem (iLP) e pelo componente florestal (Mogno africano) e floresta secundária como testemunha (FS) em quatro profundidades de solo. Os atributos do solo avaliados foram densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (MAC) e microporosidade (MIC). O sistema iLPF (Mogno africano e iLP) apresentou aumento de densidade e redução na porosidade total apenas na camada superficial quando comparado à floresta secundária. Houve diferença de MAC nas camadas 0-10 e 10-20 cm, tendo os maiores valores indicados pela FS. Na MIC, houve diferença somente na profundidade 0-10 cm, sendo o maior valor encontrado no sistema iLPF (Mogno africano e iLP). Os atributos físicos do solo dos tratamentos em estudo apresentaram valores dentro da faixa considerada não restritiva ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

**Termos de indexação:** densidade do solo, porosidade total, Mogno Africano

### INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, devido os diversos benefícios que podem ser obtidos, vem se tornando mais expressivas no Brasil (Balbino et al., 2011). Apesar de sua crescente aceitação, há dúvidas e questionamentos sobre eventuais efeitos negativos associados à degradação do ambiente, principalmente à degradação física do solo em função do uso e manejos praticados, como o tráfego de máquinas e implementos, além do pisoteio animal (Moraes et al., 2012), que são uns dos causadores diretos da compactação ou

adensamento alterando significativamente a qualidade da estrutura do solo, cuja grau de alteração varia também com as condições de clima e natureza do solo (Oliveira et al., 2013).

A qualidade física do solo está relacionada com a capacidade que o mesmo apresenta em permitir o desenvolvimento das plantas sem que ocorra a sua degradação (Llanillo et al., 2013). É possível reduzir alguns problemas com o manejo racional do solo. Têm se utilizado muitos atributos físicos para quantificar as alterações 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) e estão diretamente ligados à produtividade de culturas (Bottega et al., 2011), 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).

Dessa maneira, todas essas informações supõem-se que estudos sobre as modificações nas propriedades do solo de sistemas consorciados são de fundamental importância para auxiliar futuras intervenções no manejo, garantindo a sustentabilidade destes sistemas. Diante dessas considerações, o objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica dos atributos físicos do solo influenciados por diferentes componentes de um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Nossa Senhora Aparecida no município de Belterra-PA, localizada na região oeste do estado do Pará, a uma altitude de 152 metros a 2°38'11" S de latitude e 54°56'13" W de longitude, o clima é classificado como Am, segundo classificação de Köppen, precipitação média em torno de 1743 mm, o solo é classificado como Latossolo Amarelo textura argilosa (EMBRAPA, 2013), apresentou as seguintes características químicas e

granulométricas: teor de matéria orgânica de 25,4 g.kg<sup>-1</sup>; pH de 5,8; Al= 0,1 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Ca= 3,8 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Mg= 1,22 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; K=0,46 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> e P= 5,67 mg.dm<sup>-3</sup>; Areia = 54 g.kg<sup>-1</sup>; Silte = 233 g.kg<sup>-1</sup>; Argila = 713 g.kg<sup>-1</sup>.

O experimento foi composto por um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) instalado no ano de 2010 (6 ha), manejado com cultivo de culturas anuais em consórcio com forrageiras e intercaladas com a espécie de mogno africano (*Khaya ivorensis*) e como testemunha uma floresta secundária circunvizinha a área experimental (20 ha).

Até o ano de 2010, 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 2010, por razão da instalação do experimento, foram realizadas operações de preparo do solo, correção e adubação.

Para o arranjo espacial das árvores no sistema iLPF, empregou-se o plantio em renques, cada um com oito linhas, no espaçamento 7 x 5 m, a distância entre renques foi de 166 m para o cultivo das culturas anuais e forragem, o que totalizou 23,7% de área ocupada pelas faixas dos renques e densidade de 74 árvores.ha<sup>-1</sup>.

Em fevereiro de 2010, foi realizado o plantio do mogno africano (*Khaya ivorensis*) em consórcio com a soja (cultivar Tracajá). Na segunda adubação da soja foi semeada em todo sistema a forragem (*Urochloa ruziziensis*) 20 kg.ha<sup>-1</sup>. No período de 2011 a 2013, realizou-se o plantio de arroz (Cultivar Sertanejo) (2011) e milho (BRS 1040) (2012 e 2013), todos consorciados com forragem e intercalados com o mogno africano.

Para fins deste estudo foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema de parcela subdividida com três parcelas (sistemas de manejo do solo) e quatro subparcelas (camadas do solo). As parcelas foram compostas por um sistema iLPF amostrado em dois locais, um na área ocupada pelas culturas anuais consorciadas com forragem (iLP) e o outro local ocupado pelo componente florestal (Mogno africano) e floresta secundária como testemunha (FS). As subparcelas foram compostas por quatro profundidades de amostragem: 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm.

Em maio de 2013, foram coletadas amostras de solo com estrutura indeformadas, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm utilizando o método descrito por Blake & Hartge (1986) para análise das propriedades físicas do solo dos tratamentos em estudo.

A densidade do solo, porosidade total, macroporos e microporos foram determinados utilizando-se a metodologia proposta por EMBRAPA (2011).

Os resultados foram submetidos à análise de

variância através do programa estatístico SISVAR® e quando significativo às médias foram comparadas pelo teste de Tukey p<0,05 (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo (Ds) apresentou diferença entre as profundidades somente no tratamento FS (floresta secundária), sendo demonstrado um aumento de Ds em profundidade (Tabela 1). Esses resultados corroboram com Rossetti & Centurion (2015), ao avaliarem os atributos físicos de um Latossolo em uma cronosequência sob diferentes manejos, relataram aumento de Ds na medida em que aumentava a profundidade.

Na comparação de Ds dos tratamentos entre cada profundidade, a FS diferiu do iLP somente na camada 0-10 cm e do mogno africano nas profundidades 0-10 e 30-50 cm, apresentado maior juntamente com o iLP maior valor de Ds na última camada (Tabela 1).

Os resultados de Ds pode ser explicado pelo fato de ter sido introduzido em todo sistema iLPF (Mogno africano e iLP) a forragem *Urochloa 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, além de amenizar o impacto negativo do pisoteio animal e distribuindo de forma adequada o peso das máquinas e implementos agrícolas (Silva et al., 2013).

Resultados confirmados por Loss et al. (2011), no estudo em que avaliaram os atributos físicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de uso, onde verificaram valores de Ds dos sistemas integrados semelhantes ao da Mata testemunha.

Ao investigar apenas os valores de Ds, tais resultados indicam que o sistema iLPF (Mogno africano e iLP) não afetaram este atributo a ponto de torná-lo superior ao nível crítico de 1,30 a 1,40 kg.m<sup>-3</sup>, 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.

De acordo com a Tabela 1, a porosidade total (PT) do solo indicou diferença significativa entre as profundidades de cada tratamento apenas para FS na camada 0-10 cm em relação às demais profundidades. Em geral, o sistema iLPF (Mogno africano e iLP) apresentou redução na porosidade total somente na camada superficial 0-10 cm, quando comparado com a FS.

A manutenção da porosidade do solo no sistema iLPF (Mogno africano e iLP) e a proximidade de valores de porosidade total com FS (Tabela 1) ocorreu, provavelmente, por não ter sido realizado revolvimento contínuo do solo (isso pode explicar a redução na porosidade total na camada superficial,

sendo esperado nos primeiros anos de implantação do sistema), bem como em razão do sistema radicular dos componentes vegetais utilizados e de invertebrados edáficos, que podem ter contribuído para melhoria da sua estruturação física em profundidade (SANTOS et al., 2011).

Resultados que confirmam os obtidos por Silva & 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 (Cunha et al., 2011).

A macroporosidade (MAC) apresentou distinção entre as profundidades apenas na FS, tendo apresentado o maior valor na camada superficial (0-10 cm) (Tabela 1). Segundo Vezzani & Mielniczuk (2011), maiores valores de MAC nas profundidades superficiais refletem influência da matéria orgânica na estruturação de solos.

Em relação aos tratamentos em cada profundidade, apresentaram diferenças de MAC nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, sendo o menor valor apresentado pelo iLPF (Mogno africano e iLP) (Tabela 1).

Taylor & 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, sendo assim, para esse atributo tais valores sugerem que os diferentes manejos do solo em estudo expressam condições satisfatórias ao desenvolvimento da maioria das plantas (Tabela 1).

Com relação à microporosidade (MIC), apresentaram diferença entre as profundidades apenas a FS, diferentemente das variáveis anteriores, indicou menor valor de MIC na camada 0-10 cm. Quando comparados os tratamentos em relação a cada profundidade houve diferença significativa em relação aos tratamentos apenas na profundidade de 0-10 cm, sendo apresentados os maiores valores de MIC no Mogno africano e iLP (Tabela 1).

Os resultados deste estudo corroboram-se 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.

Ressalta-se o efeito benéfico da utilização de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta na recuperação de áreas degradadas, pois indicaram resultados satisfatórios nos atributos físicos do solo, que propiciam condições mais favoráveis para o estímulo da atividade dos

microrganismos e eficiência na absorção de nutrientes pelas plantas.

## CONCLUSÕES

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

O manejo dos componentes vegetais do sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta utilizando o mogno africano como espécie florestal após três anos de implantação não proporcionou danos na estrutura do solo quando comparado às condições da floresta secundária.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFIRIO-DASILVA, 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.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis. 2. ed. Madison: ASA, 1986.

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.

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. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Brasília, 353p. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de métodos de análises do solo. Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 3<sup>o</sup> ed. 230 p. 2011.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência & Agrotecnologia, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov./dez., 2011.

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.

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.

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*, Brasília, v.46, n.10, p.1269-1276, 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.

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.

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.

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. 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, jan/jun. 2010.

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. *R Bras Ci 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.

**Tabela 1** - Propriedades físicas dos tratamentos, fazenda N. Sr.<sup>a</sup> Aparecida, Belterra – PA, 2013.

Variável <sup>1</sup>	Prof (cm)	Tratamentos <sup>2*</sup>		
		Mogno africano	iLP	FS
Ds (kg.dm <sup>-3</sup> )	0-10	1,07Ba	1,03Ba	0,71Aa
	10-20	1,12Aa	1,10Aa	1,07Ab
	20-30	1,09Aa	1,14Aa	1,14Ab
	30-50	1,05Aa	1,10Ba	1,11Bb
PT (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )	0-10	0,55Ba	0,55Ba	0,67Aa
	10-20	0,54Aa	0,54Aa	0,56Ab
	20-30	0,56Aa	0,54Aa	0,56Ab
	30-50	0,54Ba	0,54Ba	0,56Ab
MAC (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )	0-10	0,13Ba	0,12Ba	0,32Aa
	10-20	0,11Ba	0,11Ba	0,16Ab
	20-30	0,13Aa	0,12Aa	0,12Ab
	30-50	0,15Aa	0,13Aa	0,16Ab
MIC (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )	0-10	0,46Aa	0,44Aa	0,34Bb
	10-20	0,43Aa	0,43Aa	0,39Aa
	20-30	0,42Aa	0,44Aa	0,43Aa
	30-50	0,41Aa	0,41Aa	0,42Aa

<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).

\*Ds = Densidade do solo; PT = Volume total de Poros; MAC = Macroporosidade; MIC = Microporosidade.