

Avaliação das propriedades físicas do solo em diferentes anos de cultivo de mogno africano em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta

Agust Sales⁽¹⁾; Arystides Resende Silva⁽²⁾; Carlos Alberto Costa Veloso⁽²⁾; Eduardo Jorge Maklouf Carvalho⁽²⁾

⁽¹⁾ 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.

⁽²⁾ 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; carlos.veloso@embrapa.br; eduardo.maklouf@embrapa.br.

RESUMO: Nas relações solo-planta, a estrutura é uma das principais características do solo sob o ponto de vista agrícola, tendo participação substancial. O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas do solo em diferentes anos de cultivo de mogno africano em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Os tratamentos avaliados foram: sistema iLPF amostrado em dois períodos de tempo, no ano 2011 (iLPF-Mogno2011) e no ano de 2013 (iLPF-Mogno2013) 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 (iLPF-Mogno2011 e iLPF-Mogno2013) apresentou aumento de densidade e perda de porosidade apenas na última camada, quando comparado à floresta secundária. Houve manutenção de MAC e MIC no decorrer dos anos no sistema iLPF, quando comparado à FS. O sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta aos dois e quatro anos de cultivo de mogno africano não proporcionou danos na estrutura do solo quando comparado às condições da floresta secundária.

Termos de indexação: densidade do solo, porosidade total, *Khaya ivorenses*

INTRODUÇÃO

O desflorestamento associado ao aumento crescente de áreas degradadas tem gerado impactos negativos ao ecossistema Amazônico, comprometendo a disponibilidade e qualidade de bens e serviços ambientais, e o bem estar da sociedade. A atividade agropecuária entra como uma das principais causas do desmatamento das florestas, no entanto, essa atividade está em plena expansão na região e tem grande importância na economia (Domingues & Bermann, 2012), sendo necessária assim, a busca por opções que a torne social e ambientalmente mais sustentável.

Os sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) destacam-se por possibilitar a

recuperação de áreas degradadas por meio da intensificação do uso da terra (Balbino et al., 2011).

Apesar de sua crescente aceitação, existem 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).

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, os quais indicam as condições nas quais poderá ocorrer limitações ao crescimento radicular de determinada espécie vegetal interferindo na disponibilidade de água (Wendling et al., 2012).

Dessa maneira, todas essas informações supõem-se que estudos sobre as modificações nas propriedades do solo ao longo do tempo em 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 as propriedades físicas do solo em diferentes anos de cultivo de mogno africano em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Vitória no município de Paragominas, localizado na região nordeste do estado do Pará, (altitude de 89 metros, 2° 57' 29,47" S de latitude e 47° 23' 10,37" W de longitude), o clima é classificado como Am, segundo classificação de Köppen, precipitação média em torno de 1744 mm, o solo é classificado como

Latossolo Amarelo textura argilosa (EMBRAPA, 2013), apresentou as seguintes características químicas e granulométricas: teor de matéria orgânica de $28,7 \text{ g.kg}^{-1}$; pH de 5,7; $\text{Al} = 0,2 \text{ cmol.c.dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 4,6 \text{ cmol.c.dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 1,23 \text{ cmol.c.dm}^{-3}$; $\text{K} = 0,76 \text{ cmol.c.dm}^{-3}$ e $\text{P} = 8,96 \text{ mg.dm}^{-3}$; Areia = 55 g.kg^{-1} ; Silte = 283 g.kg^{-1} ; Argila = 662 g.kg^{-1} .

O experimento foi composto por um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) instalado no ano de 2009 (4,05 ha), manejado com cultivo de culturas anuais em consórcio com forrageiras e intercaladas com a espécie de mogno africano (*Khaya ivorenses*) e como testemunha uma floresta secundária circunvizinha a área experimental (17 ha).

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

Para o arranjo espacial das árvores no sistema iLPF, empregou-se o plantio em renques, cada um com duas linhas no espaçamento $5 \times 5 \text{ m}$, a distância entre renques foi de 20 m para o cultivo das culturas anuais e forragem, o que totalizou 28% de área ocupada pelas faixas dos renques e densidade de $160 \text{ árvores.ha}^{-1}$.

Em fevereiro de 2009, foi realizado o plantio do mogno africano em consórcio com o milho (BRS 1030). Na segunda adubação da soja foi semeada em todo sistema a forragem (*Urochloa ruziziensis*) 20 kg.ha^{-1} . No período de 2010 a 2013, realizou-se o plantio de soja (cultivar Sambaiba) (2010) e milho (BRS 1055) (2011 e 2012), 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 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 períodos de tempo, no ano 2011 com dois anos de instalação (iLPF-Mogno2011) e no ano de 2013 com quatro anos de implantação (iLPF-Mogno2013) 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 abril 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 descrita em 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 em todos os tratamentos, sendo os maiores valores nas camadas intermediárias (10-20 e 20-30 cm. Na comparação de Ds dos tratamentos entre cada profundidade, o iLPF-Mogno2011 não diferiu da FS, o iLPF-Mogno2013 apresentou os maiores valores de Ds em profundidade (Tabela 1).

Os resultados de Ds pode ser explicado pelo fato de ter sido introduzido no sistema iLPF-Mogno2011 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 menos impactante o peso das máquinas e implementos agrícolas no decorrer dos anos (Silva et al., 2013).

Resultados semelhantes aos obtidos 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 analisar apenas os valores de Ds, tais resultados indicam que o sistema iLPF aos dois e quatro anos de idade não prejudicou este atributo a ponto de torná-lo superior ao nível crítico de $1,30 \text{ a } 1,40 \text{ kg.m}^{-3}$, 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 $1,30 \text{ kg.m}^{-3}$ pode haver limitações ao crescimento radicular das plantas.

A variável porosidade total (PT) do solo não indicou diferença significativa entre as profundidades de cada tratamento. Em geral, o sistema iLPF (iLPF-Mogno2011 e iLPF-Mogno2013) não apresentaram perda de porosidade, quando comparados com a FS (Tabela 1).

A manutenção da porosidade do solo no sistema iLPF e a proximidade de valores de porosidade com FS (Tabela 1) ocorreu, provavelmente, por não ter sido realizado revolvimento contínuo do solo (isso pode explicar um aumento de Ds 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.

Os resíduos vegetais na estrutura do solo ao longo dos anos permitem 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 para a FS e iLPF-Mogno2013, indicando perda de MAC na medida em que aumentava a profundidade (Tabela 1). Em relação aos tratamentos em cada profundidade, o sistema iLPF diferiu da FS apenas na camada 30-50 cm, obtendo os maiores valores de MAC (Tabela 1).

Taylor & Ashcroft (1972), apontam que valores de MAC superiores a $0,10 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ são necessários para permitir as trocas gasosas e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, deste modo, para esse atributo tais valores sugerem que o iLPF-Mogno2011 e o iLPF-Mogno2013 expressam condições satisfatórias ao desenvolvimento da maioria das plantas (Tabela 1).

Com relação à microporosidade (MIC), apresentaram diferença entre as profundidades apenas a FS, indicando aumento de MIC em profundidade. Quando comparados os tratamentos em relação a cada profundidade houve diferença significativa em relação aos tratamentos somente na última camada, sendo o maior valor indicado pela FS (Tabela 1).

Os resultados deste estudo concordam com os encontrados 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.

É notório 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 sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta aos dois e quatro anos de cultivo de mogno africano não proporcionou danos na estrutura do

solo quando comparado às condições da floresta secundária.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sr. Thales Barros proprietário da fazenda Vitória, o Projeto iLPF, Projeto PECUS e ao Banco da Amazônia (BASA) e rede de fomento iLPF 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.

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>.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. Ambiente & Sociedade, São Paulo v.15, n.2, p.1 -22, mai-ago, 2012.

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, 3º 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 - Atributos físicos dos tratamentos, fazenda Vitória, Paragominas - PA.

Variável ¹	Prof (cm)	Tratamentos ^{2*}		
		iLPF-Mogno 2011	iLPF-Mogno 2013	FS
Ds (kg.dm ⁻³)	0-10	1,06Aa	1,11Ba	1,04Aa
	10-20	1,19Ab	1,19Ab	1,15Ab
	20-30	1,23ABb	1,18Bb	1,14Ab
	30-50	1,05Aa	1,19Bb	1,07Aa
PT (m ³ .m ⁻³)	0-10	0,55Aa	0,53Aa	0,53Aa
	10-20	0,49Aa	0,52Aa	0,49Aa
	20-30	0,52Aa	0,51Aa	0,52Aa
	30-50	0,56Aa	0,50Ba	0,56Aa
MAC (m ³ .m ⁻³)	0-10	0,22Aa	0,18Aa	0,18Aa
	10-20	0,12Ba	0,17Aa	0,14ABab
	20-30	0,14Aa	0,15Aab	0,13Ab
MIC (m ³ .m ⁻³)	0-10	0,33Aa	0,34Aa	0,34Ab
	10-20	0,36Aa	0,35Aa	0,35Ab
	20-30	0,37Aa	0,35Aa	0,39Aab
	30-50	0,36Ba	0,36Ba	0,44Aa

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

²Médias 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.