



Estoque de carbono e resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo sob sistemas integrados de produção ⁽¹⁾

Wellington de Azambuja Magalhães⁽²⁾; Onã da Silva Freddi⁽³⁾; Matheus Bortolanza Soares⁽⁴⁾; Flávio Jesus Wruck⁽⁵⁾; Claudemir Saraiva de Oliveira⁽⁶⁾; Renan Tavanti⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) e Fundação AGRISUS.

⁽²⁾ Doutorando; Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); Cuiabá, MT; wellingtonagro@gmail.com; ⁽³⁾ Professor Adjunto; UFMT. Campus de Sinop; ⁽⁴⁾ Graduando em Agronomia; UFMT. Campus de Sinop; ⁽⁵⁾ Pesquisador; EMBRAPA Arroz e Feijão. ⁽⁶⁾ Graduando em Agronomia; UFMT. Campus de Sinop. ⁽⁷⁾ Mestrando em Agronomia; UFMT. Campus de Sinop.

RESUMO: A adoção de sistemas de integração tem se tornado uma prática comum e tem por função melhorar a produtividade das culturas e conservação ambiental. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estoque de carbono e a resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo sob sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. O experimento foi iniciado no ano de 2009, na Fazenda Gamada, município de Nova Canaã do Norte, MT. Os tratamentos constaram de três sistemas de integração lavoura-pacuária-floresta nos seguintes arranjos florestais: Paricá em linha simples, linha dupla e linha tripla (Paricá I, II e III, respectivamente). O menor valor de RP na camada 0,10-0,20 m foi no sistema Paricá I na posição de amostragem P3. O sistema Paricá em linha dupla promoveu maior acúmulo no estoque de carbono. O menor valor no estoque de carbono no sistema em linha tripla pode ser atribuído ao maior sombreamento proporcionado pela copa das árvores sobre as gramíneas.

Termos de indexação: densidade do solo, ILPF, matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

A implantação de árvores em meio a áreas de atividade agropecuária fez surgir um novo conceito de sistema integrado, são os chamados sistemas agrossilvipastoris ou integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Assim, o sistema de ILPF está fundamentado no desenvolvimento de atividades agrícolas, pastoril e florestal na mesma área, em manejo consorciado, rotacionado ou sucessão, visando melhorias na qualidade econômica, bem estar social para o homem e preservação do meio ambiente (Vilela et al., 2012).

De acordo com Stefanoski et al. (2013), é importante a adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo pelo contínuo aporte de resíduos orgânicos a fim de manter a manutenção e melhoria da estrutura do solo. O

aporte de material orgânico no solo contribui para a atividade dos microrganismos que atua na manutenção e estabilização dos agregados (Campos et al., 1995). Segundo Souza-Neto (2013), os sistemas integrados de produção promovem aumento no estoque de carbono no solo, no entanto salienta que o componente florestal é determinante para este acúmulo.

Sendo assim, estudar e quantificar o impacto do uso e manejo do solo sobre sua qualidade física é de suma importância para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Considerando a importância dos sistemas integrados de produção e como as propriedades físicas do solo são sensíveis ao manejo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o estoque de carbono e a resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo com diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Unidade de Referência Tecnológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-Agrosilvipastoris), Fazenda Gamada, em Nova Canaã do Norte, MT, Brasil (10°24'10" S, 55°43'22" W; 280 m de altitude). Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Aw (tropical chuvoso) com nítida estação de seca.

A área experimental ocupada com integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) estava ocupada anteriormente com pastagem braquiária conduzida no sistema extensivo. Em janeiro de 2009 a área foi dessecada com herbicida glifosato (1,26 kg ha⁻¹ do i.a.) e então realizada abertura de sulcos para o plantio das espécies florestais, com espaçamento de 20 m entre os renques para implantação de atividades agrícola e pecuária. Os tratamentos constaram de três sistemas integrados de produção, com diferentes arranjos e densidades de árvores, conforme **tabela 1**. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo

Vermelho Amarelo distrófico, de textura argilosa.

Tabela 1. Descrição dos sistemas integrados de produção.

Sistema	Arranjo florestal
Paricá I	Paricá em linha simples: 2 m entre árvores e 20 m entre linhas (250 árvores ha ⁻¹).
Paricá II	Paricá em linha dupla: 3 m x 2 m entre árvores e 20 m entre linhas (434 árvores ha ⁻¹).
Paricá III	Paricá em linha tripla: 3 m x 3 m x 2 m entre árvores e 20 m entre linhas (577 árvores ha ⁻¹).

A faixa de 20 m foi ocupada por lavoura nos anos iniciais: plantio de arroz em janeiro de 2009 seguido pelo plantio de *Brachiaria brizanta* apenas como cobertura do solo; soja 1^a safra e arroz 2^a safra nos anos agrícolas de 2009/2010 e; soja 1^a safra e milho 2^a safra nos anos agrícolas 2010/2011. A partir de março de 2011 a pastagem foi introduzida em meio à lavoura de milho, a qual foi pastejada a partir de junho de 2011. A taxa de lotação média da área foi de 3,7 animais ha⁻¹, com ganho de 1.040 g dia⁻¹ animal⁻¹ nas fases de recria e terminação.

Dentro de cada sistema de produção considerou-se cinco posições de amostragem, com o intuito de avaliar a variabilidade do estoque de carbono no solo sob diferentes ambientes proporcionados pelo ILPF. As posições de amostragem ficaram definidas no sentido transversal aos renques das espécies florestais sendo: a 10 m das árvores (P1), a 5 metros (P2), sob as árvores (P3), e novamente a 5 m (P4) e a 10 m (P5) (**Figura 1**).

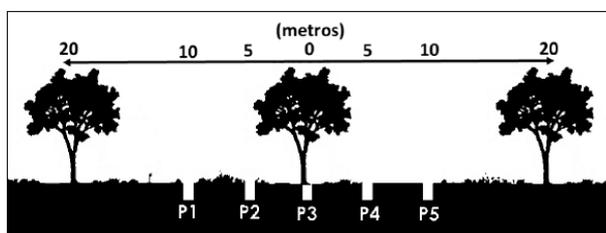


Figura 1 - Pontos de amostragem nos sistemas integrados de produção.

Em maio de 2013 retirou-se uma amostra indeformada por posição de amostragem nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m, considerando-se três repetições por sistema de produção, num total de 90 amostras indeformadas. As amostras indeformadas foram obtidas por meio de cilindros metálicos de 0,049 m de diâmetro e

0,05 m de altura.

As amostras indeformadas foram saturadas por meio de elevação gradual de uma lâmina de água por 24 h, pesadas e então submetidas ao potencial mátrico de 100 hPa em mesa de tensão, equivalente à capacidade de campo. Após o equilíbrio, as amostras foram pesadas e submetidas à determinação da resistência do solo à penetração (RP). A RP foi determinada por meio de um penetrômetro eletrônico estático com velocidade constante de penetração de 10 mm min⁻¹ e cone com ângulo de 30°. A RP média foi obtida a partir dos 180 valores centrais, desprezando-se um centímetro de cada extremidade da amostra. Na sequência as amostras foram secas em estufa a 105°C por um período de 48 horas para determinação da massa de sólidos (kg). A densidade do solo foi obtida através do peso do solo dividido pelo volume do cilindro de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997).

O teor de carbono orgânico do Solo (C.O.) foi determinado pelo método de Walkley-Black (1934) através da oxidação por dicromato de sódio (Na₂Cr₂O₇) em meio ácido (20 mL de H₂SO₄ concentrado), seguido pela leitura em espectrofotômetro com filtro de transmissão máxima de 650 nm. O estoque de carbono do solo (EQC) correspondeu ao produto do teor de C no solo (g kg⁻¹) pela densidade do solo (Mg m⁻³) e pela profundidade da camada, empregando-se a fórmula 1:

$$EQC = (C \times Ds \times \text{prof}) / 10 \quad (1)$$

em que EQC: estoque de carbono no solo (t ha⁻¹); C: teor de carbono no solo (g kg⁻¹); Ds: densidade do solo (Mg m⁻³) e; prof.: profundidade da camada do solo (cm).

Os dados coletados foram submetidos aos testes de Shapiro Wilk & Levene, ambos a 5 % de probabilidade, para verificação da normalidade dos resíduos e homocedasticidade das variâncias, respectivamente. Para análise estatística considerou-se um delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas, em que o fator principal foi os sistemas integrados, e o fator secundário as distâncias de amostragem em relação às árvores, com três repetições. Quando o teste F foi significativo as variáveis foram comparadas pelo teste "t" a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre os fatores sistemas de produção e posição de amostragem do solo para as variáveis Ds e RP na camada 0,00-0,10 m. Apenas a variável RP apresentou interação entre os fatores sistemas de produção e posição de amostragem do solo



(Tabela 1). Ao analisar a Tabela 1, verifica-se que o menor valor de RP na camada 0,10-0,20 m foi no sistema Paricá I na posição de amostragem P3. Independentemente do local de amostragem ou sistema de produção, verificou-se que para a maioria dos tratamentos houve valores de RP próximos de 3,00 MPa, ou acima deste, sendo estes valores considerados restritivo ao crescimento das raízes para a maioria das culturas (Tormena & Roloff, 1996).

Os valores de RP observados no presente trabalho estão acima dos encontrados por Trevisan (2013), que foi de 2,10 MPa para camada 0,00-0,10 m e 1,85 MPa na camada 0,10-0,20 m, ao estudar os atributos físicos de um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com arroz no sistema de integração lavoura-pecuária. Segundo este mesmo autor, esses valores são considerados restritivos a produtividade do arroz.

Pela análise de variância na tabela 2, percebe-se que houve diferença significativa nos valores de estoque de carbono na camada 0,00-0,20 m entre os sistemas de produção. Não houve interação entre sistemas e posição de amostragem para o estoque de carbono no solo. A média geral do estoque de carbono no solo sob os sistemas de produção na camada 0,00-0,20 m foi de 27,77 Mg ha⁻¹.

Tabela 2 – Valores de F calculados pela análise de variância e coeficiente de variação (CV) para o estoque de carbono no Latossolo Vermelho-Amarelo na camada de 0,00-0,20 m.

Causa de Variação	Fc	CV (%)
Sistemas	680,71*	1,71
Posição	0,69 ^{ns}	11,50
S x P	4,15 ^{ns}	-
Média Geral (Mg ha ⁻¹)	27,77	

C.V.: coeficiente de variação. *: significativo ao nível de 5 %. ns: não significativo.

Entre os sistemas integrados, o tratamento com Paricá em linha dupla (Paricá II) promoveu maior acúmulo no estoque de carbono na camada 0,10-0,20 m em relação aos arranjos em linha simples e linha tripla (Tabela 3). O sistema com Paricá III apresentou o menor valor no estoque de carbono com apenas 24,11 Mg ha⁻¹. Este menor acúmulo no estoque de carbono pode ser atribuído a maior densidade de árvores no sistema, culminando para um maior sombreamento sobre as forrageiras comprometendo seu desenvolvimento.

O Estoque de Carbono acumulado na camada de 0,00-0,20 m foram inferiores aos apresentados por Corazza et al. (1999) e por Neves et al. (2004)

sendo respectivamente 39,77 Mg ha⁻¹ e 35,1 77 Mg ha⁻¹. Segundo estes autores, a pastagem é um sistema promissor em aumentar os estoques de C orgânico do solo e por apresentar variações positivas.

Tabela 3 – Valores médios e erros-padrão do estoque de carbono (Mg ha⁻¹) do Latossolo Vermelho Amarelo na camada de 0,00-0,20 m.

Variável	Sistema		
	Paricá I	Paricá II	Paricá III
Estoque de Carbono	29,12±0,95 b	30,08±1,13 a	24,11±0,92 c

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste "t" a 5%.

Thangata & Hildebrand (2012) salienta que assim como os sistemas de integração lavoura-pecuária, os sistemas de ILPF são eficientes em elevar a quantidade de carbono no solo.

Souza-Neto (2013) ao estudar o consórcio de eucalipto com capim Piatã encontrou baixos valores de estoque de carbono comparado com a vegetação nativa e atribuiu esses resultados a distância entre os renques de árvores e por ter ocorrido menor incidência solar sobre a forrageira, inibindo assim a sua atividade fotossintética e, conseqüentemente, o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular.

Já Carvalho et al. (2010) determinou que a maior taxa de acúmulo de C em sistemas de ILP acontece nos primeiros anos de implantação, diminuindo posteriormente devido ao limite da capacidade de armazenamento de C pelo solo.

CONCLUSÕES

A resistência do solo à penetração não variou entre os sistemas de ILPF na camada 0,00-0,10 m. No entanto, seus valores indicaram efeito restritivo ao desenvolvimento das plantas.

O sistema de ILPF em arranjo florestal com Paricá em linha dupla promoveu maior estoque de carbono no solo em relação aos sistemas de Paricá com linha simples e linha tripla.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) e à Fundação AGRISUS pelo auxílio financeiro ao projeto. À Embrapa Agrossilvipastoril e à Fazenda Gamada pela seção da área experimental.



REFERÊNCIAS

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19:121-126, 1995.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; CERRI, C. E. P. et al. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. *Soil and Tillage Research*, 110:175-186, 2010.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte de depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:425-432, 1999.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. et al. Estoque de carbono em sistemas agrossilvipastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 2004. p. 1038–1046.

SOUZA NETO, E. L. Dinâmica dos atributos físicos e estoque de carbono de um Latossolo em sistemas integrados de produção [Tese]. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista; 2013.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A. et al. Uso e manejo do solo e seus

impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17:1301-1309, 2013.

THANGATA, P. H. & HILDEBRAND, P. E. Carbon stock and sequestration potential of agroforestry systems in smallholder agroecosystems of sub-Saharan Africa: Mechanisms for “reducing emissions from deforestation and forest degradation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 158:172–183, 2012.

TORMENA, C. A. & ROLOFF, G. M. Dinâmica da resistência a penetração de um solo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20:333-339, 1996.

TREVISAN, R. G. Variabilidade espacial dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com arroz em sistema de integração lavoura-pecuária [Trabalho de Conclusão de Curso]. Sinop: Universidade Federal de Mato Grosso; 2013.

VILELA, L. L.; MARTHA JÚNIOR, G. B. & MARCHÃO, R. L. Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa para intensificação do uso da terra. *Revista UFG*, 13:92-99, 2012.

WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29-38, 1934.

Tabela 1 – Valores médios e erros-padrão para a resistência à penetração referente ao desdobramento da interação entre sistemas e posição de amostragem de um Latossolo Vermelho-Amarelo na camada de 0,10-0,20 m.

Sistemas	Posição de amostragem				
	P1	P2	P3	P4	P5
Paricá I	4,42±0,59 Aa	4,10±0,66 Aa	1,32±0,31 Bb	3,97±0,39 Aa	3,11±0,97 Aab
Paricá II	3,50±0,66 Aa	2,62±0,43 Aa	4,37±0,97 Aa	2,68±0,06 Aa	3,49±0,76 Aa
Paricá III	3,51±0,59 Aa	2,47±0,69 Aa	2,98±0,32 ABa	3,02±0,86 Aa	3,81±0,33 Aa

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste “t” a 5%. Letras maiúsculas comparam na coluna e letras minúsculas comparam na linha.