



ARTIGO ORIGINAL

## Cultivo mínimo é o sistema recomendado para introdução da *Brachiaria brizantha* em Latossolo na Amazônia

### *Minimum tillage is the recommended system for Brachiaria brizantha introduction in Oxisol in the Amazon*

Marcos Rodrigues<sup>1</sup>  
Flávio Henrique Silveira Rabêlo<sup>1\*</sup>  
Heber Augusto de Castro<sup>2</sup>  
Delmonte Roboredo<sup>2</sup>  
Marco Antonio Camillo de Carvalho<sup>2</sup>  
Cassiano Garcia Roque<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo – USP,  
Avenida Pádua Dias, 11, Agronomia,  
13418-900, Piracicaba, SP, Brasil

<sup>2</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso –  
UNEMAT, Rodovia MT 208, Km 147, Jardim  
Tropical, 78580-000, Alta Floresta, MT, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul –  
UFMS, Rodovia MS 306, Zona Rural,  
79560-000, Chapadão do Sul, MS, Brasil

\*Autor correspondente:

E-mail: [flaviohsr.agro@yahoo.com.br](mailto:flaviohsr.agro@yahoo.com.br)

#### PALAVRAS-CHAVE

*Brachiaria brizantha*  
Compactação  
Densidade do solo  
Penetrômetro de impacto  
Umidade do solo

#### KEYWORDS

*Brachiaria brizantha*  
Compaction  
Soil density  
Impact penetrometer  
Soil moisture

**RESUMO:** Solos com baixos teores de matéria orgânica e alta compactação limitam a produtividade agrícola e podem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas (e.g. Amazônico). Existem poucos estudos demonstrando o efeito de sistemas de uso e manejo em solos da região Amazônica, o que dificulta a compreensão desse efeito sobre a sustentabilidade desse ecossistema. Diante disso, objetivou-se neste artigo avaliar o efeito de sistemas de uso e manejo do solo em atributos físicos e no estoque de carbono em um Latossolo Vermelho-Amarelo na Amazônia. As avaliações foram realizadas nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30 e 30-40 cm de solo submetido aos sistemas de uso e manejo: cultivo mínimo, plantio convencional, pastagem nativa e floresta nativa. As maiores densidades do solo foram verificadas em área de pastagem de *Brachiaria brizantha*, implantada após sistema de preparo convencional, e em área de pastagem nativa. Os maiores teores de carbono orgânico total e estoque de carbono no solo foram encontrados em área de floresta nativa e de *B. brizantha* implantada após cultivo mínimo, na camada de 0-10 cm de profundidade. Portanto o cultivo mínimo é o sistema de uso e manejo do solo mais indicado para a introdução da *B. brizantha* na Amazônia.

**ABSTRACT:** Soils with low levels of organic matter and high compaction limit agricultural productivity and may compromise the sustainability of ecosystems (e.g., Amazonian). Only few studies show the effect of land use and soil management systems in the Amazon region, which hinders the understanding of this effect on this ecosystem. Therefore, the objective was to evaluate the effect of land use and soil management systems on physical attributes and on the carbon stock of an Oxisol in the Amazon. Evaluations were performed at 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm of soil subjected to the use and management systems: minimum tillage, conventional tillage, native pasture and native forest. The highest densities were observed in the soil area of *Brachiaria brizantha* implanted after conventional tillage and native pasture area. The highest levels of total organic carbon and the largest stocks of carbon in the soil were found in forest area, and *B. brizantha* was established after minimum tillage, at 0-10 cm depth. Therefore, the minimum tillage is the most indicated land use and soil management system to introduce *B. brizantha* in the Amazon.

# 1 Introdução

Tem sido crescente a preocupação com o uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, em razão do aumento de atividades antrópicas em áreas agricultáveis (Bonilla-Bedoya et al., 2017; Murphy et al., 2017). Dessa forma, é interessante avaliar sistemas de preparo do solo para implantação de pastagens, uma vez que o manejo inadequado deste resulta na degradação do solo, impondo limitações ao crescimento de culturas sucessoras pela compactação e pela perda da fertilidade (Rosolem & Pivetta, 2017), e afeta negativamente os índices zootécnicos de animais inseridos nesse ecossistema.

Com a intensificação dos sistemas produtivos, as propriedades físicas do solo sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao crescimento vegetal, e na Amazônia essas alterações são mais nítidas quando os sistemas de uso do solo são comparados com a vegetação nativa (Myster, 2016; Bonilla-Bedoya et al., 2017; Bonini et al., 2018). Assim, a produção de alimentos em sucessão ao cultivo de pastagens também pode ser inviabilizada devido à degradação dos solos. O manejo do solo em grande parte dessa região tem se caracterizado pelo uso de queimadas, arados e grades, levando à pulverização da camada arável, à compactação da camada superficial do solo e à diminuição do teor de matéria orgânica em função de sua exposição e oxidação, influenciando o estoque de carbono orgânico do solo (Belanger et al., 2017; Bonini et al., 2018).

É importante ressaltar que os solos da região Amazônica são de baixa fertilidade, o que torna a manutenção de elevados teores de matéria orgânica no solo essencial para a resiliência desse ecossistema (Rodrigues et al., 2017). Esse fato motiva a busca por sistemas de manejo que minimizem os impactos causados no ambiente, com a finalidade de criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas, como o cultivo mínimo (Burtan et al., 2017).

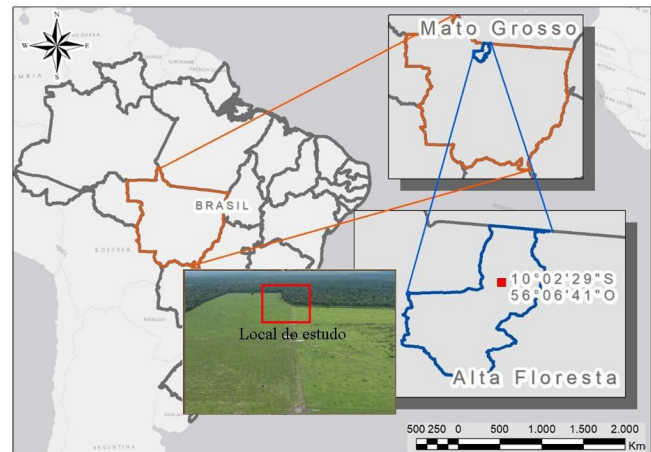
A prática do cultivo mínimo é adotada com o intuito de romper camadas compactadas por meio da redução da densidade e da resistência do solo à penetração e pelo aumento da infiltração de água no solo (Haque et al., 2016). Entretanto, o preparo convencional ainda é bastante utilizado e consiste no revolvimento de camadas superficiais, objetivando incorporar corretivos e fertilizantes, aumentar os espaços porosos e com isso aumentar a permeabilidade e o armazenamento de ar e água, facilitando o crescimento das raízes das plantas (Bonilla-Bedoya et al., 2017; Rodrigues et al., 2017).

Entre os atributos utilizados para avaliar a qualidade física do solo, a densidade e a resistência do solo à penetração têm sido priorizadas para avaliar sistemas de uso e manejo por serem atributos diretamente relacionados ao crescimento das plantas e de fácil determinação (Belanger et al., 2017; Bonini et al., 2018). Assim, estudos que analisam os efeitos causados pela ação antrópica nas propriedades dos solos e no ambiente subsidiam a busca por sistemas de manejo do solo menos impactantes. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito de sistemas de uso e manejo do solo em atributos físicos e no estoque de carbono em um Latossolo Vermelho-Amarelo na Amazônia.

## 2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho-Amarelo (Tabela 1), na região Amazônica (Figura 1). O

clima da área, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso com estação seca (Köppen & Geiger, 1928), temperaturas entre 20 e 38 °C e pluviosidade média anual de 2.700 mm, com altitude média de 320 m. Os sistemas de uso e manejo do solo (Tabela 2) foram avaliados em esquema de parcela subdividida, em que as profundidades de amostragem (0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm) representaram as subparcelas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com sete repetições e parcelas de 70 m<sup>2</sup> de área.



**Figura 1.** Localização da área de estudo no estado do Mato Grosso, Brasil.

**Figure 1.** Location of the study area in the state of Mato Grosso, Brazil.

**Tabela 1.** Teor de areia, silte e argila em Latossolo Vermelho-Amarelo mantido sob sistemas de uso e manejo do solo distintos.

**Table 1.** Sand, silt and clay content in Red-Yellow Oxisol maintained under different soil use and management systems.

Profundidade (cm)	Sistemas de uso e manejo do solo			
	Cultivo mínimo	Convencional	Pastagem nativa	Floresta nativa
Areia (g kg <sup>-1</sup> )				
0-10	852	893	864	881
10-20	856	868	868	868
20-30	831	868	847	856
30-40	823	852	847	835
Silte (g kg <sup>-1</sup> )				
0-10	16	12	62	24
10-20	12	37	37	37
20-30	12	37	24	49
30-40	12	37	24	37
Argila (g kg <sup>-1</sup> )				
0-10	131	94	73	94
10-20	131	94	94	94
20-30	157	94	12	94
30-40	164	110	120	127

**Tabela 2.** Descrição das áreas experimentais (tratamentos) estudadas em Latossolo Vermelho-Amarelo da Amazônia.**Table 2.** Description of the experimental areas (treatments) studied in Red-Yellow Oxisol in the Amazon.

Sistema de uso e manejo do solo	Descrição das áreas
Cultivo mínimo	A área foi cultivada com arroz e soja pelo período de 2003 a 2007 no sistema convencional. No ano de 2006, para a implantação do último cultivo anual, foi realizada subsolagem a 35 cm de profundidade. Após a colheita da safra de 2007 foi realizada a introdução da <i>Brachiaria brizantha</i> .
Convencional	A área foi cultivada com arroz e soja pelo período de 2003 a 2007 no sistema convencional. No ano de 2006, para a implantação do último cultivo anual, foi utilizada grade aradora e niveladora, a 20 cm de profundidade. Após a colheita da safra de 2007 foi realizada a introdução da <i>Brachiaria brizantha</i> .
Pastagem nativa	Área apresentando vegetação gramínoide, com predomínio de <i>Brachiaria brizantha</i> desde 1989.
Floresta nativa	Área de mata fechada utilizada como referência, devido à ausência de intervenção antrópica.

Após a implantação da *Brachiaria brizantha*, as áreas foram manejadas com gado de corte (média de lotação de 2,4 UA ha<sup>-1</sup>), em sistema de pastejo extensivo, pelo período de um ano. Decorrido um ano da introdução da pastagem utilizando cultivo mínimo e preparo convencional, foram realizadas as avaliações de resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), umidade gravimétrica do solo, densidade do solo (Ds), teor de carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e estoque de carbono do solo (ECS) em todos os sistemas de uso e manejo do solo.

A RMSP foi determinada pelo penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar, descrito por Stolf (1991), com um ângulo de cone de 30°. A transformação da penetração da haste do aparelho no solo em RMSP foi obtida pela Equação 1, descrita por Stolf (1991):

$$SP = \frac{(Mg + mg) + \left(\frac{M}{M + m}\right) \times \left(\frac{Mg \times h}{x}\right)}{A} \quad (1)$$

em que: RMSP é a resistência mecânica do solo à penetração (kgf cm<sup>-2</sup>); M é a massa do êmbolo (4 kg) (Mg = 4 kgf); m é a massa do aparelho sem êmbolo (3,2 kg) (mg = 3,2 kgf); h é a altura de queda do êmbolo (40 cm); x é a penetração da haste do aparelho (cm/impacto); A é a área do cone (1,29 cm<sup>2</sup>); e g é a aceleração da gravidade (9,8 m s<sup>-2</sup>). Os valores encontrados foram multiplicados pelo fator 0,0980665 para obtenção da RMSP em MPa (Stolf, 1991).

As amostras para avaliação da umidade gravimétrica do solo e da Ds foram coletadas utilizando-se anéis de Kopeck com volume de 96,24 cm<sup>3</sup>. As amostras coletadas foram levadas ao laboratório, pesadas para determinação do peso úmido do solo e, em seguida, levadas para estufa a 110 °C por 24 h para obtenção do peso seco do solo. A umidade gravimétrica do solo

foi determinada pelo método descrito pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (1997), utilizando amostras indeformadas, e o cálculo foi realizado por meio da Equação 2:

$$U = \left(\frac{Pu - Ps}{Ps}\right) \times 100 \quad (2)$$

em que: U é a umidade gravimétrica (%); Pu é o peso úmido (g); e Ps é o peso seco (g).

A Ds foi determinada pelo método descrito pela Embrapa (1997). A amostra de solo foi coletada com anel indeformado e posteriormente alocada em estufa a 105 °C por 24 h, onde foi obtido o peso das partículas sólidas. Os valores de Ds foram obtidos pela divisão da massa de solo pelo volume ocupado pela amostra (volume do anel), como descrito na Equação 3:

$$Ds = \frac{Ms}{Vt} \quad (3)$$

em que: Ds é a densidade aparente ou densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>); Ms é a massa de sólidos do solo, com base no peso seco do solo (g); e Vt é o volume total do solo (volume do anel em cm<sup>3</sup>).

Os teores de COT e MOS foram determinados pelos métodos descritos pela Embrapa (1997). O teor de MOS foi obtido por meio da Equação 4:

$$MOS = COT \times 1,724 \quad (4)$$

em que: COT é o teor de carbono orgânico total do solo (g kg<sup>-1</sup>); e 1,724 é o fator de conversão do COT para MOS.

O ECS de cada camada correspondeu ao produto do teor de COT pela Ds e pela profundidade da camada, empregando-se a Equação 5:

$$ECS = \left(\frac{COT \times Ds \times p}{10}\right) \quad (5)$$

em que: ECS é o estoque de carbono do solo (t ha<sup>-1</sup>); COT é o teor de carbono orgânico total do solo (g kg<sup>-1</sup>); Ds é a densidade aparente ou densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>); e p é a profundidade da camada do solo (cm).

Após a realização das análises, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey a 5% de significância pelo programa Sistema de Análise Estatística (Zonta & Machado, 1987).

### 3 Resultados e Discussão

Analisando apenas o efeito do sistema de manejo do solo verifica-se que as maiores Ds ocorreram quando a pastagem de *B. brizantha* foi implantada após o sistema de preparo convencional ou quando esta já se encontrava na área por um período de 24 anos (Tabela 3). Esse resultado demonstra que o preparo intenso do solo e o pisoteio animal possivelmente propiciaram maior desarranjo de suas partículas. Esse fato pode comprometer a porosidade, diminuir a infiltração e a redistribuição de água no solo e, conseqüentemente, aumentar

a compactação, o que prejudica sensivelmente a produção agrícola (Murphy et al., 2017; Rosolem & Pivetta, 2017).

**Tabela 3.** Efeito do sistema de uso e manejo do solo e das profundidades nos valores de densidade do solo (Ds) e resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) em Latossolo Vermelho-Amarelo na Amazônia.

**Table 3.** Effect of the soil use and management system and of depths on values of soil density (Ds) and soil mechanical resistance to penetration (RMSP) in Red-Yellow Oxisol in the Amazon.

Sistemas de uso e manejo do solo (S)	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	RMSP (Mpa)
Cultivo mínimo	1,36 b	2,63 a
Convencional	1,45 a	2,93 a
Pastagem nativa	1,42 a	2,71 a
Floresta nativa	1,23 c	2,87 a
Valor de F	41,73**	1,99ns
DMS Tukey 5%	0,05	0,36
Profundidade em cm (P)		
0-10	1,34 b	2,58 a
10-20	1,42 a	2,94 a
20-30	1,37 ab	2,93 a
30-40	1,33 b	2,69 a
Valor de F	7,99**	3,23*
DMS Tukey 5%	0,05	0,36
Interação SxP		
Valor de F	3,26**	0,79ns
DMS Tukey 5%		
S(P)	0,11	0,72
P(S)	0,11	0,72
CV (%)	5,82	18,58

\*Significativo a 5% pelo teste F; \*\*significativo a 1% pelo teste F; ns – não significativo pelo teste F; DMS – diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Ao avaliar o desdobramento da interação entre sistemas de uso e manejo do solo e profundidade, nota-se que a Ds foi maior nas três áreas com presença de *B. brizantha* quando comparadas à floresta nativa, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 4). Esse resultado é corroborado por Araújo et al. (2004), que estudaram o uso da terra e as propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental e verificaram maiores Ds no horizonte superficial em pastagem. Os autores atribuíram esse resultado ao pisoteio animal e à maior predisposição a ciclos de umedecimento e secagem desses sistemas quando comparados à floresta nativa. É importante mencionar também que há efeito do sistema radicular das plantas sobre a Ds (Rosolem & Pivetta, 2017), de forma que áreas com maior quantidade e variabilidade de raízes (floresta nativa) normalmente apresentam menor compactação do que áreas ocupadas por pastagem (Myster, 2016).

Não houve alteração na Ds nas profundidades avaliadas em floresta nativa (Tabela 4), o que pode ser atribuído à ausência de trânsito de máquinas e equipamentos e à manutenção da umidade do solo ao longo do perfil, determinando menores variações e menores valores de Ds. Do mesmo modo, não houve alteração

nos valores de Ds na área de *B. brizantha* implantada após preparo convencional nas profundidades avaliadas. Todavia, o plantio da *B. brizantha* após cultivo mínimo alterou a Ds em profundidade, notando-se maiores valores nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, possivelmente pelo adensamento natural ocorrido após a mobilização do solo (Dortzbach et al., 2015). Na área em que a *B. brizantha* já se encontrava estabelecida, verificou-se menor Ds na camada de 0-10 cm. A magnitude das alterações nos atributos físicos do solo em áreas sob pastagens depende do manejo aplicado e pode variar com a textura, o teor de MOS, a biomassa vegetal sobre o solo, a espécie de planta, a intensidade e o tempo de pastejo e a espécie e categoria animal (Dortzbach et al., 2015; Murphy et al., 2017; Rodrigues et al., 2017).

**Tabela 4.** Densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>) em Latossolo Vermelho-Amarelo na Amazônia em função dos sistemas de uso e manejo do solo e da profundidade de amostragem.

**Table 4.** Soil density (g cm<sup>-3</sup>) in Red-Yellow Oxisol in the Amazon as a function of the soil use and management systems and of sampling depth.

Profundidade (cm)	Sistemas de uso e manejo do solo			
	Cultivo mínimo	Convencional	Pastagem nativa	Floresta nativa
	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )			
0-10	1,42 aAB	1,40 aA	1,32 aB	1,21 bA
10-20	1,45 aA	1,51 aA	1,48 aA	1,25 bA
20-30	1,33 bBC	1,46 aA	1,46 aA	1,24 bA
30-40	1,25 bC	1,41 aA	1,44 aA	1,21 bA

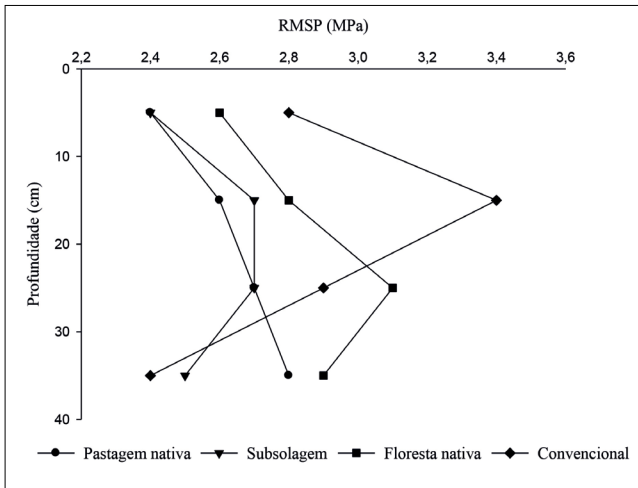
Médias seguidas de letras distintas minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Os valores de RMSP não foram alterados pelos sistemas de uso e manejo do solo para implantação da *B. brizantha* e permaneceram entre 2,63 e 2,93 MPa (Tabela 3). A alta compactação do solo pode restringir ou impedir o crescimento e o desenvolvimento das raízes (Rosolem & Pivetta, 2017). Os valores encontrados nesta pesquisa são inferiores aos reportados por Silva Filho et al. (2010) em área ocupada por pastagem (6,6; 7,2; 5,0 e 3,6 MPa nas camadas de 0-10, 11-20, 21-30 e 31-40 cm, respectivamente) e superiores aos valores relatados em área ocupada por floresta nativa (1,4; 1,5; 1,5 e 1,4 MPa nas camadas de 0-10, 11-20, 21-30 e 31-40 cm, respectivamente) em Latossolo Amarelo Distrófico típico álico. A discrepância entre os valores pode estar associada à manutenção da umidade ao longo do perfil do solo e à taxa de lotação animal na área ocupada por pastagem.

Na Figura 2 são apresentados os valores de RMSP após a implantação da *B. brizantha*. Observa-se que as maiores RMSP ocorreram nas camadas de 20-30 e 30-40 cm, com valores entre 2,5 e 3,2 MPa, com exceção do sistema de plantio convencional, que apresentou maior RMSP na camada de 10-20 cm.

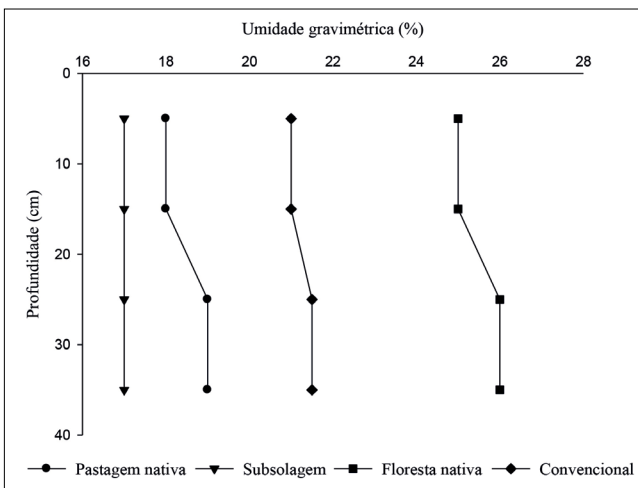
De modo geral, os valores de RMSP encontrados reportam a formação de camadas compactadas, uma vez que valores superiores a 2,0 MPa são considerados críticos e podem influenciar o desenvolvimento das culturas (Souza & Alves, 2003). A RMSP correlaciona-se com o teor de água e com a Ds (Murphy et al., 2017; Rosolem & Pivetta, 2017); portanto os valores de RMSP encontrados refletem as variações ocorridas na Ds, visto que o teor de umidade do solo apresentou pequena variação ao longo do perfil.

As áreas ocupadas por floresta nativa e *B. brizantha* implantada após preparo convencional apresentaram teores de umidade do solo mais elevados, embora não significativos. Não houve alteração na umidade gravimétrica do solo nas profundidades avaliadas das áreas manejadas com *B. brizantha* implantada após cultivo mínimo e plantio convencional. As áreas mantidas sob pastagem nativa e floresta nativa apresentaram pequena variação no teor de umidade entre as camadas de 10-20 e 20-30 cm (Figura 3).



**Figura 2.** Efeito do sistema de uso e manejo do solo sobre a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) em Latossolo Vermelho-Amarelo na Amazônia, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm.

**Figure 2.** Effect of the soil use and management system on soil mechanical resistance to penetration (RMSP) in a Red-Yellow Oxisol in Amazon, at depths of 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm.



**Figura 3.** Efeito do sistema de uso e manejo do solo na umidade gravimétrica em um Latossolo Vermelho-Amarelo na Amazônia, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm.

**Figure 3.** Effect of the soil use and management system on the gravimetric moisture in a Red-Yellow Oxisol in Amazon, at depths of 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm.

A umidade ao longo do perfil do solo pode variar em função do seu tipo de preparo em cada sistema de manejo, da intensidade de revolvimento, do trânsito de máquinas, do tipo de equipamento utilizado, do manejo do resíduo vegetal e da pluviosidade (Haque et al., 2016; Souza-Filho et al., 2016; Murphy et al., 2017;

Rosolem & Pivetta, 2017). A umidade gravimétrica das áreas ocupadas com *B. brizantha* foi menor do que na área de floresta nativa (Figura 3). Esse resultado está relacionado ao fato de o Latossolo Vermelho-Amarelo ter apresentado mais de 80% de areia na sua composição granulométrica, ocasionando maior drenagem em solos com menor cobertura vegetal (Belanger et al., 2017; Murphy et al., 2017).

Os impactos dos sistemas de uso e manejo dos solos têm sido avaliados por meio de medidas de propriedades físicas, como a Ds e a RMSP (Belanger et al., 2017; Bonini et al., 2018). De forma adicional, e não menos importante, deve-se avaliar o teor de MOS, por sua influência direta e indireta em todas as características do solo (Blanco-Canqui et al., 2009; Araújo et al., 2011). A redução do COT está relacionada à degradação física dos solos, e seu incremento através do manejo adequado modifica a capacidade de carga destes, que se tornam menos vulneráveis à compactação (Blanco-Canqui et al., 2009; Haque et al., 2016; Rodrigues et al., 2017; Bonini et al., 2018).

Os maiores teores de COT foram encontrados em área ocupada por floresta nativa e por *B. brizantha* implantada após cultivo mínimo, nas camadas de 10-20 e 20-30 cm de profundidade (Tabela 5). Nota-se também que, independentemente do sistema de manejo, o teor de COT decresceu com a profundidade devido à menor deposição de material orgânico no solo em subsuperfície. Araújo et al. (2011) avaliaram o teor de COT em áreas ocupadas por pastagens e floresta nativa e encontraram valores de 17,00; 30,98; 15,34; 32,05 e 33,19 g kg<sup>-1</sup> de solo na camada de 0-5 cm de profundidade, respectivamente, em Argissolo Vermelho-Amarelo alítico plúntico sob floresta, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob floresta, e em pastagem formada há 3, 10 e 20 anos.

Os baixos teores de COT encontrados nas áreas ocupadas por pastagem nativa e pastagem implantada após preparo convencional do solo podem indicar que houve baixa deposição de resíduos no solo (Blanco-Canqui et al., 2009; Araújo et al., 2011). Quando ecossistemas nativos são alterados por atividades antrópicas, o equilíbrio dinâmico é quebrado e, normalmente, as entradas de carbono são menores do que as saídas, o que conduz à redução da quantidade de MOS (Blanco-Canqui et al., 2009). Todavia, existem variações, uma vez que o potencial de fixação e estocagem de carbono no solo sofre influência das condições climáticas locais, do relevo, da drenagem e do tipo de manejo de solo adotado, entre outras variáveis (Dortzbach et al., 2015; Bonini et al., 2018).

Do mesmo modo que o ocorrido com os teores de COT, os teores de MOS foram maiores em áreas ocupadas por floresta nativa e por *B. brizantha* implantada após cultivo mínimo, nas camadas de 10-20 e 20-30 cm de profundidade (Tabela 5). Possivelmente o baixo teor de MOS na área de *B. brizantha* implantada após preparo convencional do solo provém do preparo e do revolvimento excessivos causados pelo uso intensivo de arado e grade, provocando a exposição do material orgânico e a sua consequente oxidação (Blanco-Canqui et al., 2009; Araújo et al., 2011; Rosolem & Pivetta, 2017). A diminuição do teor de MOS nos cultivos contínuos (áreas manejadas com pastagens e sistema de preparo convencional) pode ser atribuída à decomposição da matéria orgânica humificada em virtude do baixo retorno dos resíduos vegetais ao solo (Blanco-Canqui et al., 2009; Araújo et al., 2011; Haque et al., 2016; Bonini et al., 2018).

A pastagem pode promover a manutenção dos estoques de MOS e permitir que o ECS seja superior ao observado sob a vegetação nativa – quando o manejo é adequado (Araújo et al., 2011; Belanger et al., 2017). Porém, o manejo inadequado do solo contribui para a exaustão da MOS, ocasionando perdas substanciais de carbono do solo (Belanger et al., 2017). Essas perdas de carbono, em longo prazo, podem resultar na degradação ambiental, uma vez que à MOS estão associados os maiores reservatórios de nutrientes. O esgotamento dos estoques de MOS pode causar a degradação do solo, comprometendo a capacidade produtiva de alimentos e a resiliência do ecossistema, como reportado por Bonilla-Bedoya et al. (2017) em solos da Amazônia. Nesse sentido, é fundamental priorizar sistemas de uso e manejo do solo para produção de alimentos menos impactantes para o ambiente (Haque et al., 2016).

**Tabela 5.** Teor de carbono orgânico total, matéria orgânica do solo e estoque de carbono do solo em Latossolo Vermelho-Amarelo na Amazônia em função dos sistemas de uso e manejo do solo e da profundidade de amostragem.

**Table 5.** Total organic carbon, soil organic matter and soil carbon stock in Red-Yellow Oxisol in the Amazon as a function of the soil use and management systems and of sampling depth.

Profundidade (cm)	Sistemas de uso e manejo do solo			
	Cultivo mínimo	Convencional	Pastagem nativa	Floresta nativa
Teor de carbono orgânico total (g kg <sup>-1</sup> )				
0-10	11,86 bA	9,34 cA	9,51 cA	13,28 aA
10-20	10,32 aB	8,05 bB	6,68 bB	11,34 aB
20-30	7,80 aC	5,40 bC	5,05 bC	6,97 aC
30-40	6,30 abC	4,97 bcC	4,62 cC	6,63 aC
Teor de matéria orgânica do solo (g kg <sup>-1</sup> )				
0-10	20,45 bA	16,10 cA	16,40 cA	22,90 aA
10-20	17,79 aB	13,89 bB	11,52 bB	19,56 aB
20-30	13,44 aC	9,31 bC	8,72 bC	13,02 aC
30-40	10,87 abC	8,57 bcC	7,98 cC	11,43 aC
Estoque de carbono do solo (t ha <sup>-1</sup> )				
0-10	16,84 aA	13,08 bA	12,56 bA	16,07 aA
10-20	14,96 aB	12,16 bB	9,89 cB	14,18 aB
20-30	10,37 aC	7,88 bC	7,38 bC	8,65 abC
30-40	7,88 aC	7,00 aC	6,66 aC	8,02 aC

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Os maiores ECS foram verificados nas camadas de 0-10, 10-20 e 30-40 cm de profundidade nas áreas ocupadas por *B. brizantha* introduzida após cultivo mínimo e por floresta nativa (Tabela 5), o que pode ser atribuído ao maior aporte de MOS verificado nesses sistemas. O ECS na área ocupada por floresta nativa foi maior quando comparado às áreas ocupadas por *B. brizantha* implantada após preparo convencional e por pastagem nativa. Esse resultado pode ser atribuído ao maior

aporte global de matéria orgânica proveniente da deposição contínua e variada de substratos orgânicos, com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição, oriundos da vegetação nativa, com maior diversidade de espécies (Belanger et al., 2017; Bonilla-Bedoya et al., 2017; Bonini et al., 2018).

Araújo et al. (2011) verificaram que os maiores ECS foram encontrados em ambientes de pastagem mais antiga (pastagem formada há entre 10 e 20 anos), devido ao acúmulo de MOS em superfície e profundidade, quando comparados ao ambiente de floresta. É importante ressaltar que o maior acúmulo de MOS em períodos muito longos também se deve à maior eficiência na produção de biomassa das gramíneas forrageiras (metabolismo C<sub>4</sub>) em relação às plantas arbóreas/arbustivas (metabolismo C<sub>3</sub>) (Dortzbach et al., 2015). Já o ecossistema de pastagem formada há apenas três anos apresentou decréscimo nos ECS equivalente a 6,5 t ha<sup>-1</sup> (Araújo et al., 2011). Esse resultado pode ser atribuído ao menor aporte de carbono proveniente das pastagens nos primeiros anos de implantação devido à alteração no equilíbrio dinâmico do ecossistema (Dortzbach et al., 2015; Murphy et al., 2017; Bonini et al., 2018).

Corazza et al. (1999) estudaram o efeito de sistemas de uso e manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação do Cerrado e relataram ECS de 39,77; 42,18; 36,51 e 37,34 t ha<sup>-1</sup> na profundidade de 0-20 cm e de 30,09; 32,59; 28,76 e 29,25 t ha<sup>-1</sup> na profundidade de 20-40 cm, respectivamente, em área de Cerrado nativo, de pastagem cultivada, área preparada por grade pesada e por arado de disco. Esses autores descreveram que o ECS diminui quando há maior revolvimento do solo (preparo convencional) e que a ocupação deste por atividades agrícolas com intensidade reduzida de preparo (cultivo mínimo) indica que pode ocorrer maior recuperação e acúmulo de carbono em relação à vegetação nativa, aumentando os ECS. Nesse sentido, o uso do cultivo mínimo resulta em menor emissão de CO<sub>2</sub> do solo para a atmosfera, em relação ao sistema convencional, reduzindo o efeito estufa e os impactos da atividade agrícola no ambiente (Corazza et al., 1999; Blanco-Canqui et al., 2009; Haque et al., 2016; Burtan et al., 2017; Rodrigues et al., 2017).

## 4 Conclusões

As formas de uso e de manejo empregadas alteram os atributos físicos e o ECS do solo. O cultivo mínimo diminui essas alterações nos atributos físicos, sendo indicado como o sistema menos impactante para o ambiente para introdução da *Brachiaria brizantha*, resultando em ECS semelhante ao da floresta nativa.

## Referências

- ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedade físicas e químicas de argissolo amarelo distrófico na Amazônia ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 2, p. 307-315, 2004. doi: 10.1590/S0100-06832004000200009.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; OLIVEIRA, E. K. Impacto da conversão floresta: pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma amazônico. *Acta Amazonica*, v. 41, n. 1, p. 103-114, 2011. doi: 10.1590/S0044-59672011000100012.

- BELANGER, E.; LUCOTTE, M.; MOINGT, M.; PAQUET, S.; OESTREICHER, J.; ROZON, C. Altered nature of terrestrial organic matter transferred to aquatic systems following deforestation in the Amazon. *Applied Geochemistry*, v. 87, p. 136-145, 2017. doi: 10.1016/j.apgeochem.2017.10.016.
- BLANCO-CANQUI, H.; STONE, L. R.; SCHLEGEL, A. J.; LYON, D. J.; VIGIL, M. F.; MIKHA, M. M.; STAHLMAN, P. W.; RICE, C. W. No-till induced increase in organic carbon reduces maximum bulk density of soils. *Soil Science Society of America Journal*, v. 73, n. 6, p. 1871-1879, 2009. doi: 10.2136/sssaj2008.0353.
- BONILLA-BEDOYA, S.; LÓPEZ-ULLOA, M.; VANWALLEGHEM, T.; HERRERA-MACHUCA, M. A. Effects of land use change on soil quality indicators in forest landscapes of the Western Amazon. *Soil Science*, v. 182, n. 4, p. 128-136, 2017. doi: 10.1097/SS.000000000000203.
- BONINI, I.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MATRICARDI, E.; PHILIPS, O.; PETTER, F.; OLIVEIRA, B.; MARIMON, B. S. Collapse of ecosystem carbon stocks due to forest conversion to soybean plantations at the Amazon-Cerrado transition. *Forest Ecology and Management*, v. 414, p. 64-73, 2018. doi: 10.1016/j.foreco.2018.01.038.
- BURTAN, L.; VRINCEANU, A.; SIRBU, C.; CIOROIANU, T.; DUMITRASCU, M.; POPOVICI, M. Economic analysis between minimum tillage and conventional system. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, v. 18, n. 3, p. 1289-1294, 2017.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 2, p. 425-432, 1999. doi: 10.1590/S0100-06831999000200025.
- DORTZBACH, D.; PEREIRA, M. G.; BLAINSKI, E.; GONZALEZ, A. P. Carbon stock and natural abundance of <sup>13</sup>C as a function of conversion of forest and grassland areas in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 6, p. 1643-1660, 2015. doi: 10.1590/01000683rbc20140531.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa; CNPS, 1997. 212 p.
- HAQUE, M. E.; BELL, R. W.; ISLAM, M. A.; RAHMAN, M. A. Minimum tillage unpuddled transplanting: an alternative crop establishment strategy for rice in conservation agriculture cropping systems. *Field Crops Research*, v. 185, p. 31-39, 2016. doi: 10.1016/j.fcr.2015.10.018.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Justus Perthes, 1928.
- MURPHY, S. R.; BOSCHMA, S. P.; HARDEN, S. Soil water dynamics and dry-matter production of old man saltbush-, native grass- and lucerne-based pastures in a variable summer-dominant rainfall environment, Australia. *Grass and Forage Science*, v. 72, n. 2, p. 290-307, 2017. doi: 10.1111/gfs.12239.
- MYSTER, R. W. The physical structure of forests in the Amazon Basin: a review. *The Botanical Review*, v. 82, n. 4, p. 407-427, 2016. doi: 10.1007/s12229-016-9174-x.
- RODRIGUES, M.; RABÊLO, F. H. S.; CASTRO, H. A.; ROBOREDO, D.; CARVALHO, M. A. C.; ROQUE, C. G. Changes in chemical properties by use and management of an Oxisol in the Amazon biome. *Caatinga*, v. 30, n. 2, p. 278-286, 2017. doi: 10.1590/1983-21252017v30n202rc.
- ROSOLEM, C. A.; PIVETTA, L. A. Mechanical and biological approaches to alleviate soil compaction in tropical soils: assessed by root growth and activity (Rb uptake) of soybean and maize grown in rotation with cover crops. *Soil and Use Management*, v. 33, n. 1, p. 141-152, 2017. doi: 10.1111/sum.12313.
- SILVA FILHO, E. P.; COTTAS, L. R.; MARINI, G. B. S. Avaliação da compactação dos solos em áreas de pastagens e florestas em Porto Velho-Rondônia. *Boletim de Geografia*, v. 28, n. 1, p. 145-155, 2010. doi: 10.4025/bolgeogr.v28i1.8441.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 15, n. 2, p. 229-235, 1991.
- SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um latossolo vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2003. doi: 10.1590/S1415-43662003000100004.
- SOUZA-FILHO, P. W. M.; SOUZA, E. B.; SILVA JÚNIOR, R. O.; NASCIMENTO JÚNIOR, W. R.; MENDONÇA, B. R. V.; GUIMARÃES, J. T. F.; DALL'AGNOL, R.; SIQUEIRA, J. O. Four decades of land-cover, land-use and hydroclimatology changes in the Itacaiunas River watershed, southeastern Amazon. *Journal of Environmental Management*, v. 167, p. 175-184, 2016. doi: 10.1016/j.jenvman.2015.11.039.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. *Sanest: sistema de análise estatística para microcomputadores*. Pelotas: UFPel, 1987. 138 p.

**Contribuição dos autores:** Marcos Rodrigues e Flávio Henrique Silveira Rabêlo redigiram o manuscrito; Heber Augusto de Castro conduziu o experimento; Delmonte Roboredo e Marco Antonio Camillo de Carvalho auxiliaram na condução do experimento e na realização das análises; e Cassiano Garcia Roque contribuiu com a revisão bibliográfica e a interpretação dos resultados.

**Agradecimentos:** À Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat) pelas estruturas disponibilizadas para a condução do estudo.

**Fontes de financiamento:** Não houve fonte de financiamento.

**Conflito de interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.