

Atributos Químicos e Físicos do Solo e Produção de Grãos em Um Latossolo Amarelo de Rio Preto da Eva, AM, Cultivado em Sistema Plantio Direto



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Ocidental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 19

Atributos Químicos e Físicos do Solo e Produção de Grãos em Um Latossolo Amarelo de Rio Preto da Eva, AM, Cultivado em Sistema Plantio Direto

*José Roberto Antoniol Fontes
Inocencio Junior de Oliveira
Ronaldo Ribeiro de Moraes
Gilvan Coimbra Martins*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Ocidental

Rodovia AM 010, Km 29, Estrada Manaus/Itacoatiara

Caixa Postal 319

Fone: (92) 3303-7800

Fax: (92) 3303-7820

<http://www.cpa.embrapa.br>

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Celso Paulo de Azevedo*

Secretária: *Gleise Maria Teles de Oliveira*

Membros: *Maria Augusta Abtibal Brito de Sousa, Maria Perpétua Beleza Pereira e Ricardo Lopes*

Revisor de texto: *Maria Perpétua Beleza Pereira*

Normalização bibliográfica: *Maria Augusta Abtibal Brito de Sousa*

Diagramação: *Gleise Maria Teles de Oliveira*

Fotos da capa: *José Roberto Antoniol Fontes*

1ª edição

1ª impressão (2016): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação

Embrapa Amazônia Ocidental

Atributos químicos e físicos do solo e produção de grãos em um Latossolo Amarelo de Rio Preto da Eva, AM, cultivado em sistema plantio direto / José Roberto Antoniol Fontes... [et al.]. – Manaus : Embrapa Amazônia Ocidental, 2016.
36 p. : il. color. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Ocidental, ISSN 1517-2457; 19).

1. Solo. 2. Grãos. 3. Sistema Plantio Direto. I. Fontes, José Roberto Antoniol. II. Oliveira, Inocencio Junior de. III. Moraes, Ronaldo Ribeiro de. IV. Martins, Gilvan Coimbra. V. Série.

CDD 630.275

© Embrapa 2016

Sumário

Resumo.....	5
Abstract.....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	16
Atributos do solo.....	16
Culturas.....	20
Conclusões.....	25
Agradecimentos.....	25
Referências.....	27

Atributos Químicos e Físicos do Solo e Produção de Grãos em Um Latossolo Amarelo de Rio Preto da Eva, AM, Cultivado em Sistema Plantio Direto

José Roberto Antoniol Fontes¹

Inocencio Junior de Oliveira²

Ronaldo Ribeiro de Moraes³

Gilvan Coimbra Martins⁴

Resumo

Conduziu-se trabalho de campo para avaliar a influência da adoção do sistema plantio direto e do plantio convencional em atributos químicos e físicos do solo e na produção de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e de milho (*Zea mays*) cultivados em rotação de culturas em um Latossolo Amarelo muito argiloso no Amazonas. O sistema plantio direto foi implantado com dessecação química da vegetação, e o plantio convencional, com arado de discos e grade niveladora, ambos em área de pastagem degradada. Os atributos do solo avaliados foram: conteúdo de matéria orgânica, de fósforo e nível de saturação por bases, densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total. Nas culturas foram estimadas a população de plantas e a produtividade. Ocorreram alterações nos atributos do solo em razão da adoção dos sistemas de manejo. A população de plantas da

¹Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

²Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

³Biólogo, doutor em Ciências Biológicas (Botânica), pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

⁴Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

cultivar de feijão-caupi BRS Potengi foi influenciada pelo manejo do solo, com maior população no sistema plantio direto. A produtividade das cultivares de feijão-caupi não foi influenciada pelo manejo do solo. A população de plantas das cultivares de milho também não foi influenciada pelo manejo do solo. A produtividade da cultivar BRS Caatingueiro foi menor no sistema plantio direto.

Termos para indexação: manejo do solo, culturas anuais, feijão-caupi, milho, terra firme, Amazônia.

Chemical and Physical Properties of an Oxisol and Grain Yield Under No-Tillage System in Rio Preto da Eva, Amazonas, Brazil

Abstract

An experiment was carried out to evaluate soil management (no-till and conventional tillage) influences on soil attributes and cowpea - mayze crop production on rotation system of a clayey Oxisol at Amazonas, Brazil. No-till management was sprayed with desiccant herbicide and conventional tillage system was tillage with disk plow and harrows at pre-sowing, and the soil tillage managements were implanted in a degraded pasture. The soil attributes evaluated were soil organic matter, phosphorus, base saturation, bulk density, microporosity, macroporosity, and total porosity, and crop attributes evaluated were plant population at harvest and grain yield. The soil tillage management influence both soil and crops attributes. The soil management influence plant population of BRS Potengi cowpea and grain yield of BRS Caatingueiro mayze.

Index terms: soil management, grain crops, cowpea, mayze, upland, Amazonia.

Introdução

Na região Norte do Brasil, o aumento da área cultivada com grãos vem se acentuando nos últimos anos, estimando-se, em 2014, a ocupação de 1.970.000 ha, com destaque para os estados de Tocantins, do Pará e de Rondônia, com 897.000, 508.000 e 427.000 ha, respectivamente (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014).

Em muitos locais da Amazônia, entretanto, os agricultores ainda desenvolvem a agricultura em terra firme no sistema de corte e queima, caracterizado pelo desmatamento de floresta primária ou de capoeira, pela queima dos restos vegetais, em solos ácidos e de baixa fertilidade natural, sem uso de corretivos e fertilizantes, e abandono da área cultivada após poucos ciclos de cultivo em decorrência da redução de produtividade (CRAVO; SMYTH, 1997; DENICH et al., 2004). Em outros casos são empregados tratores e implementos (arados, grades aradoras e niveladoras) que promovem o revolvimento da superfície do solo (CRAVO; SMYTH, 1997).

Segundo Tivet et al. (2013), uma das consequências da adoção do modelo de exploração agrícola baseado na conversão de áreas de vegetação nativa ou capoeira em lavouras ou com revolvimento do solo é o aumento das emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, decorrente da queima de biomassa e das transformações do carbono orgânico do solo. A sustentabilidade (ambiental, econômica e social) desses sistemas vem sendo questionada, e o avanço, ainda que incipiente, das avaliações das práticas de agricultura conservacionista que vêm sendo realizadas na Amazônia indica a possibilidade de evitar o corte e queima e o revolvimento do solo com implementos (RODRIGUES et al., 2013).

Nesse contexto, o sistema plantio direto contribui significativamente para a conservação do solo e da água nas propriedades rurais, cujas premissas são o revolvimento mínimo da superfície do solo (restrito ao sulco de semeadura), a formação e manutenção de cobertura morta

(palha) e rotação de culturas, melhorando as suas características físicas, químicas e biológicas e, assim, aumentando a capacidade produtiva do sistema (SÁ et al., 2014). Ademais, cerca de 30 milhões de hectares de pastagem na Amazônia encontram-se degradados ou em processo de degradação e poderão ser recuperados por meio da adoção de integração lavoura-pecuária, com emprego do sistema de plantio direto para o cultivo de grãos (DIEESE, 2011; SOUZA et al., 2009).

Antes considerado uma das alternativas ao manejo convencional do solo (com o uso de arados, grades aradoras e niveladoras), o sistema plantio direto tornou-se a referência para o manejo do solo na produção de grãos no Brasil, pois a sua adoção minimiza significativamente a erosão e a retirada de nutrientes minerais do solo das áreas agrícolas, a contaminação e o assoreamento de corpos d'água, considerados os principais impactos ambientais negativos decorrentes da atividade agropecuária no Brasil (BOER et al., 2007; JESUS et al., 2007).

Nos solos muito intemperizados, como os Latossolos, o fósforo é encontrado nas formas inorgânicas e orgânicas. As formas inorgânicas são fortemente ligadas (fixação) à fração mineral e pouco disponíveis para absorção pelas raízes das plantas (SANTOS et al., 2008). As formas orgânicas, que correspondem de 5% a 80% do nutriente existente no solo, são originárias dos restos vegetais adicionados a ele, dos tecidos microbianos e de seus produtos de decomposição (MARTINAZZO et al., 2007) e, nos solos manejados no sistema plantio direto, são as principais formas responsáveis pela nutrição das plantas sem adição de adubos fosfatados (GATIBONI et al., 2007). Carneiro et al. (2004) constataram que a atividade microbiana responsável pela solubilização do fósforo e a disponibilidade do nutriente em solo manejado no sistema plantio direto foram maiores em relação ao plantio convencional.

Entretanto, apesar dos benefícios decorrentes da adoção do sistema plantio direto, solos submetidos a esse sistema de manejo são compactados na sua camada superficial (REICHERT et al., 2009),

sendo comuns maiores valores de densidade e de microporosidade, assim como menores valores de macroporosidade e de porosidade total quando comparados aos solos manejados com arados e grades, em decorrência do arranjo natural das partículas do solo e da pressão exercida por trânsito de máquinas e implementos, sobretudo nos solos argilosos e muito argilosos e com níveis altos de umidade (CAVALIERI et al., 2009; STONE; SILVEIRA, 2001). Essas alterações podem reduzir a infiltração e o fluxo de água ao longo do perfil do solo, causando aumento de escoamento superficial de água e de intensidade de erosão (CAVALIERI et al., 2009; SCHWEN et al., 2011) e restringir o crescimento de raízes das plantas à camada superficial em detrimento do crescimento em profundidade, tornando-as mais suscetíveis a tombamentos, estresse hídrico, por causa de veranicos, e com capacidade limitada de absorção de nutrientes (ALVAREZ; STEINBACH, 2009; MUNKHOLM et al., 2008). Nas áreas onde o sistema plantio direto é bem manejado, há aumento significativo do conteúdo de matéria orgânica no solo, alternância de plantas com sistemas de raízes diversificados (arquitetura e profundidade de crescimento), variações mínimas de temperatura e de umidade, ciclagem de nutrientes mais efetiva e maior eficiência no aproveitamento dos adubos e controle mais efetivo de plantas daninhas pela ação física da camada de palha (CRUSCIOL et al., 2005; RESENDE et al., 2012; TIMOSSI et al., 2007).

Assim, este trabalho teve por objetivos avaliar a influência dos sistemas plantio direto e plantio convencional nos atributos químicos e físicos e a produtividade de milho e de feijão-caupi em Latossolo Amarelo muito argiloso cultivados com esses sistemas de manejo do solo no Município de Rio Preto da Eva, AM.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Campo Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa (2° 31' 03'' S, 60° 01' 54'' O, 112 m de altitude), da Embrapa Amazônia Ocidental, em Rio Preto da Eva,

AM, entre agosto de 2011 e março de 2014. O clima local é do tipo Af (equatorial úmido), e dados da estação climatológica da Embrapa Amazônia Ocidental localizada em Manaus (2° 53' 25" S, 59° 58' 06" O, distante 41,6 km ao sul do local do experimento), registram temperatura média anual de 26,2 °C, volume anual médio de chuva de 2.731,7 mm, com média do mês mais seco de 62,7 mm. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo, textura muito argilosa (SANTOS, 2006), o qual havia sido utilizado até então para a condução de experimentos com forrageiras tropicais (*Urochloa* e *Panicum*) e com culturas anuais (feijão-caupi e milho), sempre manejado com arado de discos ou grades aradora e niveladora. A área experimental foi dividida em duas faixas de 40 m x 120 m cada uma para a implantação dos sistemas de plantio direto e convencional.

Em 22/9/2011, foram coletadas amostras de solo com trado tipo holandês para a estimativa das características químicas do solo, retiradas em 12 pontos tomados ao acaso em cada uma das faixas de manejo, estratificadas nas camadas de 0 cm até 10 cm e de 10 cm até 20 cm de profundidade. Próximo aos pontos de coleta dessas amostras foram coletadas amostras de solo indeformadas, com cilindros de aço inoxidável e com volumes conhecidos, para a estimativa da densidade do solo, de microporosidade, de macroporosidade e de porosidade total nas mesmas profundidades descritas acima. As mesmas características também foram estimadas em 12 locais no interior de uma capoeira (área de regeneração com vegetação secundária), adjacente à área experimental.

No dia 4/4/2012, a vegetação presente na área experimental do sistema plantio direto foi dessecada com a pulverização da mistura em tanque dos herbicidas glyphosate + 2,4-D [900 + 670 g ha⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.), respectivamente] com pulverizador de barras acionado por trator. No dia 10/4/2012, a camada de solo da área do plantio convencional foi revolvida com arado de discos e em seguida nivelada com grade niveladora.

A semeadura do feijão-caupi, cultivares Caldeirão, BRS Guariba e BRS Tracuateua, foi realizada no dia 11/4/2012, utilizando-se uma semeadora-adubadora para plantio direto, com espaçamento de 45 cm entre as fileiras e distribuição aproximada de 10 sementes m^{-1} . A semeadura foi feita em faixas formadas por 30 fileiras para cada cultivar, com 110 m de comprimento em ambos os sistemas de manejo. A adubação de semeadura foi equivalente a 150 kg ha^{-1} da formulação N-P-K 4-14-8, mais 30 kg ha^{-1} de FTE BR12.

Aos 22 dias após a semeadura, aplicou-se o herbicida fluazifop-p-butyl, para controle de plantas daninhas em pós-emergência, com dose equivalente a 175 g de i.a. ha^{-1} .

Quarenta e cinco dias após a semeadura, por ocasião do florescimento das plantas de feijão-caupi, estimou-se a população de plantas por meio de contagens realizadas em duas fileiras contíguas de plantas, com 5 m de comprimento cada uma, tomadas em dez pontos ao acaso em cada faixa de semeadura e em cada sistema de plantio.

Em 28/6/2012, realizou-se a colheita das vagens de feijão-caupi, em dez parcelas de 20,25 m^2 (dez fileiras com 5 m de comprimento cada uma). As vagens foram debulhadas manualmente, e os grãos, pesados. A umidade dos grãos foi determinada por meio de medidor eletrônico, e para a estimativa da produtividade considerou-se a umidade dos grãos de 13%.

Em 11/7/2012, foi estimada a quantidade de palha formada sobre a superfície do solo (plantas de feijão-caupi + palha + plantas daninhas) nas mesmas parcelas destinadas à colheita das vagens em ambos os sistemas de manejo do solo. Para isso coletaram-se as amostras em dois pontos nas parcelas, com auxílio de uma armação de madeira quadrada vazada com 1 m de lado (1 m^2). O material vegetal foi seco em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C, até atingir peso constante.

No dia 14/11/2012, foram coletadas amostras de solo para a caracterização química e física em ambos os sistemas de manejo do solo e na capoeira, em nove pontos, adotando-se a mesma metodologia descrita anteriormente.

Em 12/12/2012, realizou-se dessecação da vegetação na área de sistema plantio direto com aplicação de glyphosate + 2,4-D (1.440 + 1.005 g de i.a. ha⁻¹). No dia 17/12/2012, a superfície do solo da área de plantio convencional foi revolvida com arado de discos e grade niveladora.

No dia 18/12/2012, realizou-se a semeadura do milho em ambas as áreas, com uma adubadora-semeadora para plantio direto, utilizando os híbridos BM 709 e SHS 5560 e a cultivar BRS Asa Branca, com espaçamento de 90 cm entre as fileiras e distribuição aproximada de 6 sementes m⁻¹.

A semeadura foi feita em faixas formadas por 12 fileiras para cada cultivar, com 110 m de comprimento, em ambos os sistemas de manejo. A adubação de semeadura foi equivalente a 450 kg ha⁻¹ da formulação N-P-K 4-14-8 mais 2 kg ha⁻¹ de zinco, na forma de sulfato de zinco. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada em parcelas, nos dias 9 e 28/1/2013, com aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N cada uma, na forma de sulfato de amônio.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência no dia 17/1/2013 com pulverização do herbicida nicosulfuron, com dose equivalente a 40 g de i.a. ha⁻¹.

Em 18/4/2013, realizou-se a colheita de espigas de milho em parcelas de 18 m² (cinco fileiras de planta com 5 m de comprimento) em dez pontos e estimaram-se as populações de planta.

As espigas foram despalhadas e debulhadas manualmente, e os grãos foram pesados com estimativa de umidade por meio de medidor

eletrônico. Para estimativa da produtividade considerou-se a umidade dos grãos de 13%.

Em 23/4/2013, estimou-se a quantidade de palha formada sobre a superfície do solo (plantas de milho + palha + plantas daninhas) nas mesmas parcelas destinadas à colheita das espigas em ambos os sistemas de manejo do solo.

Em 28/5/2013, a vegetação presente na área experimental do sistema plantio direto foi dessecada com a pulverização dos herbicidas glyphosate + 2,4-D (1.440 + 670 g de i.a. ha⁻¹). No dia 3/6/2013, a camada de solo da área do plantio convencional foi revolvida com arado de discos e em seguida nivelada com grade niveladora.

A semeadura do feijão-caupi, cultivares BRS Milênio, BRS Novaera e BRS Potengi, foi realizada no dia 4/6/2013, utilizando uma semeadora-adubadora para plantio direto, com espaçamento de 45 cm entre as fileiras e com distribuição aproximada de dez sementes m⁻¹. A semeadura foi feita em faixas formadas por 30 fileiras para cada cultivar, com 110 m de comprimento em ambos os sistemas de manejo. A adubação de semeadura foi equivalente a 200 kg ha⁻¹ da formulação N-P-K 4-14-8.

Aos 25 dias após a semeadura, aplicou-se o herbicida bentazon para controle de plantas daninhas em pós-emergência, com dose equivalente a 720 g de i.a. ha⁻¹.

Quarenta e quatro dias após a semeadura, por ocasião do florescimento das plantas de feijão-caupi, foi estimada a população de plantas por meio de contagens realizadas em duas fileiras contíguas de plantas, com 5 m de comprimento cada uma, tomadas em dez pontos ao acaso em cada faixa de semeadura e em cada sistema de plantio.

Em 27/8/2013, foi realizada a colheita das vagens de feijão-caupi, em parcelas de 20,25 m², em dez locais. As vagens foram

debulhadas manualmente, e os grãos, pesados. A umidade dos grãos foi determinada por medidor eletrônico, e para a estimativa da produtividade foi considerada a umidade dos grãos de 13%.

Em 3/9/2013, estimou-se a quantidade de palha formada sobre a superfície do solo (plantas de feijão-caupi + palha + plantas daninhas).

No dia 16/10/2013, amostras de solo foram coletadas para a caracterização química e física em ambos os sistemas de manejo do solo e na capoeira, em nove pontos.

Em 13/11/2013, realizou-se dessecação da vegetação na área de sistema plantio direto com aplicação de glyphosate + 2,4-D (1.440 + 1.005 g de i.a. ha⁻¹). No dia 20/11/2013, a superfície do solo da área de sistema convencional foi revolvida com arado de discos e grade niveladora.

No dia 21/11/2013, a semeadura do milho foi realizada em ambas as áreas, com uma adubadora-semeadora para plantio direto, utilizando o híbrido BM 3061 e as cultivares BRS Caatingueiro e BRS Gorutuba, com espaçamento de 90 cm entre as fileiras, com distribuição aproximada de seis sementes m⁻¹, em faixas formadas por 12 fileiras para cada cultivar, com 110 m de comprimento, em ambos os sistemas de manejo. A adubação de semeadura foi equivalente a 400 kg ha⁻¹ da formulação N-P-K 4-14-8 mais 2 kg ha⁻¹ de zinco, na forma de sulfato de zinco. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada em parcelas, nos dias 11/12 e 27/12/2013, com aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N cada uma, na forma de sulfato de amônio.

O controle de plantas daninhas foi realizado no dia 12/12/2013 com a aplicação do herbicida nicosulfuron, em pós-emergência, com dose equivalente a 40 g de i.a. ha⁻¹.

Em 13/3/2014, realizou-se a colheita de espigas de milho em parcelas de 18 m², em dez locais. Nessa data também foi estimada a população de plantas.

As espigas foram despalhadas e debulhadas manualmente, e os grãos foram pesados com estimativa de umidade por meio de medidor eletrônico. Para estimativa da produtividade foi considerada a umidade dos grãos de 13%.

Em 27/3/2014, estimou-se a quantidade de palha formada sobre a superfície do solo (plantas de milho + palha + plantas daninhas).

Resultados e Discussão

Atributos do solo

O cultivo das áreas, ao se adotar ambos os sistemas de plantio, promoveu alterações ($p < 0,05$) da fertilidade do solo em relação à capoeira (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de matéria orgânica, fósforo e saturação por bases por bases do solo. Rio Preto da Eva, AM. 2014.

Manejo do solo	Matéria orgânica ¹ (g kg ⁻¹)	Fósforo ¹ (mg dm ⁻³)	Saturação por bases ¹ (%)
Capoeira	38,3 a	2,3 b	3,2 b
Sistema plantio direto	33,3 b	5,3 a	43,6 a
Sistema convencional	31,9 b	5,4 a	49,4 a
Profundidade			
0-10	38,4 a	4,8 a	38,1 a
10-20	30,6 b	3,8 b	26,1 b
Ano			
2011	37,4 a	3,4 b	30,3 b
2012	32,3 b	5,8 a	23,7 b
2013	32,9 b	4,1 b	42,8 a

¹Médias seguidas por uma mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os conteúdos de matéria orgânica do solo, nos sistemas plantio direto e convencional, foram menores do que na capoeira, consequência da conversão de áreas florestadas em áreas agrícolas por meio do preparo de solo favorecendo a oxidação do carbono orgânico e a redução do conteúdo de matéria orgânica (LUGO et al., 1996; 1986; SOUZA et al., 2009). O conteúdo de matéria orgânica na camada de solo até 10 cm de profundidade, nas áreas cultivadas, foi superior ao da camada de 10 cm a 20 cm, característica decorrente da influência do maior aporte de resíduos orgânicos e de adubos e da atividade microbiana nessas camadas, resultando na formação de estruturas orgânicas mais complexas e estáveis (PLAZA et al., 2013; SILVA et al., 2008; ZANÃO JÚNIOR et al., 2007). Nos anos de 2012 e 2013, ocorreu redução do conteúdo de matéria orgânica do solo em relação a 2011, o que pode ter sido consequência da mudança de uso da terra. Até 2011 a área experimental era utilizada para a condução de experimentos com pastagens de *Urochloa* e *Panicum*, espécies forrageiras tropicais que têm grande capacidade de produção de massa vegetal, incluídas as raízes, sendo muito utilizadas no Brasil em sistemas de produção sob plantio direto para promoção de cobertura da superfície do solo (TIMOSSI et al., 2007), com influência positiva no acúmulo de matéria orgânica (LOSS et al., 2011; SALTON et al., 2008). Além dessa mudança, nos anos de 2012 e 2013, não foram cultivadas plantas para promoção da cobertura do solo, ocorrendo aporte de massa vegetal apenas das culturas de feijão-caupi e de milho. A adoção do sistema plantio direto sem o cultivo de plantas de cobertura do solo não é suficiente para promover aumento significativo de matéria orgânica na maioria das situações avaliadas, sobretudo em regiões onde a umidade e a temperatura do solo favorecem intensa atividade microbiana (COSTA et al., 2008).

O conteúdo de fósforo e a saturação por bases nos solos cultivados foram maiores do que na capoeira. Os solos de terra firme da Amazônia são pobres em nutrientes e com acidez elevada em razão do material de origem e do intenso processo de lixiviação de bases trocáveis ao

longo de sua formação (MARQUES et al., 2010; STEINER et al., 2007), necessitando de correção de suas deficiências quando incorporados ao processo agrícola.

Na camada de solo de 0 cm - 10 cm de profundidade, os conteúdos de matéria orgânica e nutrientes foram maiores do que na camada de 10 cm - 20 cm. Segundo Sá et al. (2009), aumento da disponibilidade de bases (fósforo, cálcio e magnésio) em solos de áreas cultivadas em sistema plantio direto não deve ser creditado unicamente às adubações (minerais e/ou orgânicas) empregadas nas culturas, mas também ao papel exercido pela matéria orgânica no aumento de cargas negativas líquidas, de formas orgânicas de fósforo e redução da fixação dos fosfatos aos minerais primários (argilas de baixa reatividade e óxidos de Fe e Al). A matéria orgânica é formada por uma gama complexa de substâncias (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas) com capacidade para formar muitas cargas negativas, sobretudo os ácidos húmicos, creditando esse efeito à influência benéfica da liberação de cátions trocáveis (BAYER et al., 2002; GUIMARÃES et al., 2013).

O manejo do solo provocou alterações significativas ($p < 0,05$) nos atributos físicos do solo (Tabela 5).

Tabela 2. Valores médios de densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo. Rio Preto da Eva, AM.

Manejo do solo	Densidade do solo ¹ (Mg m ⁻³)	Microporosidade ¹	Macroporosidade ¹	Porosidade total ¹
Capoeira	1,05 a	37,9 a	21,5 a	59,7 a
Sistema plantio direto	1,11 b	32,5 b	23,6 b	56,1 b
Sistema convencional	1,13 b	31,0 b	25,9 c	57,1 b

Tabela 2. Continuação.

Profundidade	Densidade do solo ¹ (Mg m ⁻³)	Microporosidade ¹	Macroporosidade ¹	Porosidade total ¹
			(%)	
0-10	1,05 a	31,7 a	27,5 a	59,2 a
10-20	1,18 b	32,9 b	21,4 b	54,5 b
Ano				
2011	1,11 a	32,3 a	24,7 a	57,3 a
2012	1,11 a	31,9 a	24,4 a	56,9 a
2013	1,13 a	32,7 a	24,2 a	56,3 a

¹Médias seguidas por uma mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de densidade do solo estimados nas áreas cultivadas são considerados normais para Latossolos argilosos manejados com o sistema plantio direto ou plantio convencional (COSTA et al., 2006; MARIA et al., 1999). A densidade do solo na capoeira foi menor do que as densidades verificadas no sistema plantio direto e convencional, evidenciando que o manejo com fins agrícolas altera essa característica em razão do tráfego de máquinas e de implementos (COSTA et al., 2003).

Em relação à profundidade verificou-se maior densidade do solo na camada de 10 cm - 20 cm de profundidade. Cássaro et al. (2011) e Costa et al. (2006) relataram que, nas situações onde há menor conteúdo de matéria orgânica nas camadas de solo mais profundas, a densidade do solo é aumentada pela influência das pressões exercidas pela movimentação de máquinas e implementos.

A microporosidade do solo na capoeira foi maior ($p < 0,05$) do que as estimadas no plantio direto e plantio convencional, as quais não diferiram entre si. Considerando o sistema plantio direto, esses resultados são contrários aos relatados em alguns trabalhos, nos quais foram observados maiores valores de microporosidade na camada superficial (SILVA et al., 2008; STONE; SILVEIRA, 2001), e podem ser

explicados pela influência do período curto de adoção desse sistema (CAVALIERI et al., 2009; GREEN et al., 2007). Assis e Lanças (2005) verificaram que a microporosidade de um Nitossolo Vermelho muito argiloso manejado em sistema plantio direto atingiu valor satisfatório em relação ao plantio convencional somente após 12 anos de implantação do manejo conservacionista.

A macroporosidade do solo no plantio direto foi menor do que no preparo convencional, característica dos solos onde é adotado esse manejo (STRECK et al., 2004; TORMENA et al., 2002).

A porosidade total foi maior no solo de capoeira, justificada pela menor densidade do solo e maior conteúdo de matéria orgânica. Como relatado por Lanza et al. (2007) e Silva et al. (2008), verificou-se redução da porosidade total ($p < 0,05$) com o aumento da densidade do solo, possivelmente pelo rompimento dos agregados e aproximação das partículas em razão das forças exercidas pelo trânsito de máquinas e implementos.

Culturas

Na Tabela 3 estão apresentadas as estimativas de população de plantas e de produtividade das seis cultivares de feijão-caupi avaliadas em sistema plantio direto e convencional.

Tabela 3. População de plantas e produtividade de grãos de cultivares de feijão-caupi avaliadas em sistema plantio direto e plantio convencional. Rio Preto da Eva, AM.

Cultivares	Manejo do solo	População de plantas ¹ (plantas ha ⁻¹)	Produtividade ¹ (kg ha ⁻¹)
Caldeirão	Plantio direto	168.444 a	1.248 a
	Plantio convencional	171.111 a	1.366 a
BRS Guariba	Plantio direto	167.111 a	1.564 a
	Plantio convencional	169.777 a	1.648 a

Tabela 3. Continuação.

Cultivares	Manejo do solo	População de plantas ¹ (plantas ha ⁻¹)	Produtividade ¹ (kg ha ⁻¹)
BRS Tracuateua	Plantio direto	168.444 a	1.548 a
	Plantio convencional	170.222 a	1.610 a
BRS Milênio	Plantio direto	208.331 a	1.416 a
	Plantio convencional	205.109 a	1.297 a
BRS Novaera	Plantio direto	205.664 a	1.480 a
	Plantio convencional	207.775 a	1.197 a
BRS Potengi	Plantio direto	211.220 a	1.197 a
	Plantio convencional	202.109 b	1.247 a

¹Médias seguidas por uma mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com comparação válida apenas dentro das cultivares.

As populações de plantas e as produtividades das cultivares de feijão-caupi foram semelhantes às comumente relatadas em diversos trabalhos (FONTES et al., 2014; FREIRE FILHO et al., 2005; MIRANDA NETO et al., 2013; TEIXEIRA et al., 2010).

O sistema de manejo do solo influenciou a população de plantas apenas da cultivar BRS Potengi, com maior população no sistema plantio direto. A BRS Potengi é uma cultivar de porte semiereto, cuja recomendação de população de plantas é 160 mil plantas/ha (FREIRE FILHO et al., 2005). A germinação de sementes e a emergência de plântulas de culturas são afetadas pela interação de vários fatores do ambiente de cultivo, entre eles os relacionados ao solo, como umidade, textura e densidade, sendo a umidade considerada o fator mais restritivo (ALTIKAT; CELIK, 2011). Em áreas cultivadas no sistema plantio direto, verifica-se aumento da densidade do solo nas camadas mais superficiais (COSTA et al., 2006; TORMENA et al., 2002), característica que permitiu maior retenção de umidade e maior velocidade de emergência de milho (TOLON-BECERRA et al., 2011) e porcentagem de germinação de lentilha (ALTIKAT; CELIK, 2011), sem, entretanto, afetar a produtividade das culturas.

As produtividades de grãos das cultivares não foram influenciadas pelos sistemas de manejo do solo. Akinyemi et al. (2003) não obtiveram diferenças de produtividade das cultivares IT 90K-272-2 e IT 86D-719, cultivadas tanto em sistema plantio direto quanto no plantio convencional na Nigéria.

As produtividades obtidas com as cultivares empregadas neste trabalho foram semelhantes e, em algumas situações, superiores às verificadas. Dias (1986) relatou produtividade de 938 kg ha⁻¹ da cultivar BRS Caldeirão (160 mil plantas ha⁻¹) em Latossolo Amarelo muito argiloso cultivada em plantio convencional na região de Manaus. A produtividade da BRS Guariba variou de 1.388 kg ha⁻¹ (200 mil plantas ha⁻¹) em plantio convencional em Latossolo Amarelo argiloso em Manaus (FONTES et al., 2014) a 2.221 kg ha⁻¹ (140 mil plantas ha⁻¹) em Latossolo Vermelho-Amarelo em área de Cerrado de Goiás, também em plantio convencional (TEIXEIRA et al., 2010). A cultivar BRS Tracuateua tem registros de produtividade em Latossolos da Região Bragantina, Pará, que variam de 968 kg ha⁻¹ a 1.825 kg ha⁻¹ (FREIRE FILHO et al., 2005), e de 856 kg ha⁻¹ (140 mil plantas ha⁻¹) em Latossolo Vermelho-Amarelo em área de Cerrado (TEIXEIRA et al., 2010). A BRS Milênio tem produtividade de 769 kg ha⁻¹ a 1.716 kg ha⁻¹ em plantios convencionais em Latossolos de Goiás, Maranhão, Pará e Piauí (FREIRE FILHO et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2010). A cultivar BRS Novaera cultivada em Latossolo Vermelho nos estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo, com população de 140 mil plantas ha⁻¹, teve produtividade entre 779 e 1.756 kg ha⁻¹ (MATOSO et al., 2013). A cultivar BRS Potengi produziu cerca de 1.125 kg ha⁻¹ (180 mil plantas ha⁻¹) em um Latossolo Vermelho-Escuro do Mato Grosso do Sul em plantio convencional (MIRANDA NETO et al., 2013).

As populações de plantas e a produtividade das cultivares de milho foram semelhantes às comumente relatadas em diversos trabalhos (CARVALHO et al., 2004, 2009; PEREIRA et al., 2009).

Tabela 4. População de plantas e produtividade de grãos de cultivares de milho avaliadas em sistema plantio direto e plantio convencional. Rio Preto da Eva, AM.

Cultivares	Manejo do solo	População de plantas ¹ (plantas ha ⁻¹)	Produtividade ¹ (kg ha ⁻¹)
BM 709	Plantio direto	47.889 a	6.300 a
	Plantio convencional	48.444 a	6.784 a
BRS Asa Branca	Plantio direto	46.778 a	3.337 a
	Plantio convencional	47.555 a	3.863 a
SHS 5560	Plantio direto	47.111 a	6.685 a
	Plantio convencional	47.667 a	7.348 a
BM 3061	Plantio direto	48.333 a	6.685 a
	Plantio convencional	49.222 a	7.081 a
BRS Caatingueiro	Plantio direto	49.222 a	3.879 b
	Plantio convencional	49.555 a	4.974 a
BRS Gorutuba	Plantio direto	48.111 a	4.246 a
	Plantio convencional	48.555 a	4.145 a

¹Médias seguidas por uma mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com comparação válida apenas dentro das cultivares.

Os sistemas de manejo do solo não influenciaram a população de plantas das cultivares. Carvalho et al. (2004) verificaram que a população de plantas do híbrido de milho Exeller foi significativamente menor quando este foi cultivado no sistema plantio direto (44.610 plantas ha⁻¹) em comparação ao plantio convencional (56.720 plantas ha⁻¹) em ano com ocorrência de déficit hídrico (veranico). Segundo os autores, a justificativa para tal resultado foi a interação entre a menor profundidade de semeadura no sistema plantio direto (maior densidade do solo) e déficit hídrico, cujo efeito foi uma maior mortalidade de plantas durante o ciclo da cultura. Em ano com quantidade e distribuição normal de chuvas, as populações de plantas em ambos os sistemas de manejo se equivaleram. Pereira et al. (2009) não encontraram diferenças entre as populações de plantas da cultivar BRS 3003 cultivada em sistema plantio direto (50.312 plantas ha

¹⁾ e convencional (45.625 plantas ha⁻¹). Os autores, entretanto, relataram que os torrões formados durante o preparo de solo no plantio convencional possam ter dificultado, ou mesmo impedido, a emergência de plântulas.

A produtividade da cultivar BRS Caatingueiro foi afetada pelos sistemas de manejo, com menor produtividade no sistema plantio direto. Silveira e Stone (2003) relataram maiores produtividades de milho em área manejada com arado de aivecas em relação ao manejo com grade aradora e sistema plantio direto ao longo de seis anos em área de Latossolo Vermelho, concluindo os autores que o arado de aivecas propiciou melhor condição para o crescimento das plantas (ausência de camada compactada em subsuperfície com a grade aradora, e em superfície no sistema plantio direto). Freddi et al. (2007) constataram redução de produtividade de milho de cerca de 2.600 kg ha⁻¹ quando a densidade do solo e a resistência à penetração da camada superficial do solo em sistema plantio direto atingiram níveis elevados (1,78 Mg m⁻³ e 5,69 MPa, respectivamente), o que provocou alterações na morfologia das raízes. No presente estudo, a densidade máxima do solo na camada de 0 cm - 10 cm estimada na área cultivada no sistema plantio direto, durante o período de condução do experimento, foi de 1,11 Mg m⁻³ (Tabela 2).

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de massa de palha seca depositada sobre a superfície do solo após a colheita do feijão-caupi e do milho no sistema de plantio direto e plantio convencional. A quantidade de palha formada após os cultivos de milho foi significativamente maior do que a formada nos cultivos de feijão-caupi. Os principais fatores que determinam a quantidade e a persistência da palha na superfície dos solos cultivados no sistema plantio direto são as espécies utilizadas e a relação carbono/nitrogênio (C/N) do material de origem, com maior persistência para aqueles com maior relação C/N (TIMOSSI et al., 2007; TORRES et al., 2008). As culturas de cereais, como o milho, tem maior relação C/N do que as leguminosas, como o feijão-caupi, o que resulta em maior persistência da palhada na superfície do solo (SILVA et al., 2009).

Tabela 5. Massa de palha seca formada sobre a superfície do solo nas culturas de feijão-caupi e de milho cultivadas em sistema de plantio direto e convencional nos anos de 2012, 2013 e 2014. Rio Preto da Eva, AM, 2014.

Cultura	Ano	Massa de palha seca (kg ha ⁻¹) ¹	
		Sistema de plantio direto	Plantio convencional
Feijão-caupi	2012	2.475 bA	456 aB
Milho	2013	4.136 aA	628 aB
Feijão-caupi	2013	2.674 bA	509 aB
Milho	2014	4.411 aA	621 aB

¹Média de 60 estimativas.

Conclusões

1- O sistema plantio direto promove compactação da camada superficial de Latossolo Amarelo em terra firme no Amazonas.

2- O sistema plantio direto e o plantio convencional promovem melhoria da fertilidade do solo em terra firme no Amazonas.

3- As culturas do feijão-caupi e do milho podem ser cultivadas em áreas de terra firme no Estado do Amazonas adotando o sistema plantio direto ou o plantio convencional.

Agradecimentos

À Fundação Agrisus e à Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, pela gestão administrativa e pelo apoio financeiro dispensados à execução deste trabalho, desenvolvido por meio do **Projeto Agrisus PA 853/11**. Os autores também agradecem o empenho dos técnicos agrícolas João Batista Sales de Sousa, Argemiro Soares Mota, dos

assistentes Estevão Oliveira dos Santos, Manuel Morais Taveira e dos empregados do Campo Experimental do Distrito Agropecuário da Suframa na execução das atividades de campo.

Referências

AKINYEMI, J. O.; AKINPELU, O. E.; OLALEYE, A. O. Performance of cowpea under three tillage systems on an oxic Paleustalf in southwestern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 72, n. 1, p. 75-83, 2003.

ALTIKAT, S.; CELIK, A. The effects of tillage and intra-row compaction on seedbed properties and red lentil emergence under dry land conditions. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 114, n. 1, p. 1-8, 2011.

ALVAREZ, R.; STEINBACH, H. S. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in Argentine Pampas. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 1-15, 2009.

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 515-522, 2005.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 238, n. 1, p. 133-140, 2002.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por planta de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.

CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. C.; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M.; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 7, p. 661-669, 2004.

CARVALHO, H. W. L.; SANTOS, M. X.; SILVA, A. A. C.; CARDOSO, M. J.; SANTOS, D. M.; TABOSA, J. N.; MICHEREFF FILHO, M.; LIRA, M. A.; BONFIM, M. H. C.; SOUZA, E. M.; SAMPAIO, G. V.; BRITO, A. R. M. B.; DOURADO, V. V.; TAVARES, J. A.; NASCIMENTO NETO, J. G.; NASCIMENTO, M. M. A.; TAVARES FILHO, J. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARVALHO, B. C. L. **Asa Branca**: milho para o Nordeste brasileiro. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 8 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 33).

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CÁSSARO, F. A. M.; BORKOWSKI, A. K.; PIRES, L. F.; ROSA, J. A.; SAAB, S. C. Characterization of a Brazilian clayey soil submitted to conventional and no-tillage management practices using pores size distribution analysis. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 111, n. 2, p. 175-179, 2011.

CAVALIERI, K. M. V.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; LEÃO, T. P.; DEXTER, A. R.; HÅKANSSON, I. Long-term effects of no-tillage on dynamics soil physical properties in a Rhodic Ferralsol in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 158-164, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos**, Brasília, DF, v. 1- safra 2013/2014, n. 4 – quarto levantamento,,jan. 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_10_15_07_19_boletim_graos_janeiro_2014.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2014.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Qualidade do solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, 2006.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 323-332, 2008.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. Manejo sustentado da fertilidade de um Latossolo da Amazônia central sob cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 5, p. 607-616, 1997.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 2, p. 161-169, 2005.

DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KATO, M. S. A.; BLOCK, A.; KATO, O. R.; SÁ, T. D. A.; LÜCKE, W.; VLEK, P. L. G. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: The experience from Eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 61-62, n. 1-3, 2004, p. 91-106, 2004.

DIAS, M. C. **BR 8-Caldeirão**: nova cultivar de feijão caupi para o Amazonas. Manaus: Embrapa UEPAE de Manaus, 1986. 3 p. (Embrapa UEPAE de Manaus. Comunicado Técnico, 45).

DIEESE. **Estatísticas do meio rural 2010-2011**. 4. ed. São Paulo: Departamento Intersindical de Estatística e Estudos socioeconômicos, 2011. 292 p.

FONTES, J. R. A.; OLIVEIRA, I. J.; MORAIS, R. R. **Controle cultural de plantas daninhas no feijão-caupi**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 7 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica, 44).

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 627-636, 2007.

FREIRE FILHO, F. R.; CRAVO, M. da S.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; CASTELO, E. de O.; BRANDÃO, E. dos S.; BELMINO, C. S. **BR3 – Tracueteua purificada**: cultivar de feijão-caupi para o Estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 134).

FREIRE FILHO, F. R.; CRAVO, M. S.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; CASTELO, E. O.; BRANDÃO, E. S.; BELMINO, C. S.; MELO, M. I. S. BRS Milênio e BRS Urubuquara: cultivares de feijão-caupi para a região Bragantina do Pará. **Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 6, p. 749-752, 2009.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 691-699, 2007.

GREEN, V. S.; STOTT, D. E.; CRUZ, J. C.; CURI, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, n. 1-2, p. 114-121, 2007.

GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I. S.; SILVA, T. O.; SILVA, T. L.; DIAS, N. S.; MATIAS, M. I. S. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different uses. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 126, n. 1, p. 177-182, 2013.

JESUS, R. P.; CORCIOLI, G.; DIDONET, A. D.; BORGES, J. D.; MOREIRA, J. A. A.; SILVA, N. F. Plantas de cobertura de solo e seus efeitos no desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas em cultivo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 4, p. 214-220, 2007.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1131-1140, 2007.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

LUGO, A. E.; SANCHEZ, M. J.; BROWN, S. Land use and organic carbon content of some subtropical soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 96, n. 2, p. 185-196, 1986.

MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 703-709, 1999.

MARQUES, J. D. O.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, A. M.; CRUZ JUNIOR, O. F.; BATISTA, S. M.; AFONSO, M. A. C. B. Atributos químicos, físico-hídricos e mineralogia da fração argila em solos do Baixo Amazonas: Serra de Parintins. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 1-12, 2010.

MARTINAZZO, R.; SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto afetado pela adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 563-568, 2007.

MATOSO, A. O.; SORATTO, R. P.; CECCON, G.; FIGUEIREDO, P. G.; NETO NETO, A. L. Desempenho agrônômico de feijão-caupi e milho semeados em faixas na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 7, p. 722-730, 2013.

MIRANDA NETO, V. N.; CECCON, G.; SOUZA, E. F. C.; SANTOS, A. Respostas de quatro cultivares de feijão-caupi a diferentes densidades populacionais. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais**. Recife: IPA, 2013. 5 p.

MUNKHOLM, L. J.; HANSEN, E. M.; OLESEN, J. E. The effect of tillage intensity on soil structure and winter wheat root/shoot growth. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 24, n. 4, p. 392-400, 2008.

PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W.; CAVALCANTE, M.; PAIXÃO, S. L.; MARACAJÁ, P. B. Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiaria decumbens*. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 64-71, 2009.

PLAZA, C.; COURTIER-MURIAS, D.; FERNÁNDEZ, J. M.; POLO, A.; SIMPSON, A. J. Physical, chemical, and biochemical mechanisms of soil organic matter stabilization under conservation tillage systems: a central role for microbes and microbial by-products in C sequestration. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 57, p. 124-134, Feb. 2013.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HÅKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 102, n. 2, p. 242-254, 2009.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; SANTOS, F. C.; LACERDA, J. J. J. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil central**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 181).

RODRIGUES, I. A.; RODRIGUES, G. S.; CARVALHO, E. J. M.; ALVES, L. W. R. **Avaliação de impactos ambientais, sociais e econômicos do sistema de plantio direto de grãos na Fazenda Rio Grande, Paragominas, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2013. 34 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 86).

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; LAL, R.; DICK, W. A.; PICOLLO, M. E.; FEIGL, B. E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 56-64, 2009.

SÁ, J. C. M.; TIVET, F.; LAL, R.; BRIEDIS, C.; HARTMAN, D. C.; SANTOS, J. Z.; SANTOS, J. B. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 136, n. 1, p. 38-50, 2014.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SCHWEN, A.; BODNER, G.; SCHOLL, P.; BUCHAN, G. D.; LOISKANDL, W. Temporal dynamics of soil hydraulic properties and the water-conducting porosity under different tillage. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 113, n. 1, p. 89-98, 2011.

SILVA, F. F.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ARATANI, R. G.; ANDRIOLI, F. F.; ANDRIOLI, I. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho cultivado no sistema plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 191-204, 2008.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 11, p. 1504-1512, 2009.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 7, n. 2, p. 240-244, 2003.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1829-1836, 2009.

STEINER, C.; TEIXEIRA, W. G.; LEHMANN, J.; NEHLS, T.; MACEDO, J. L. V.; BLUM, W. E. B.; ZECH, W. Long term effects of manure, charcoal, and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazon upland soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 291, n. 1-2, p. 275-290, 2007.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 755-760, 2004.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, G. C.; OLIVEIRA, P. J. R.; SILVA, A. G., PELÁ, A. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do Cerrado. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 300-307, 2010.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

TIVET, F.; SÁ, J. C. M.; LAL, R.; BORSZOWSKI, P. R.; BRIEDIS, C.; SANTOS, J. B.; DIENER, J.; HARTMAN, D. C.; EURICH, G.; FARIAS, A.; BOUZINAC, S.; SÉGUY, L. Soil organic carbon fraction losses upon continuous plow-based tillage and its restoration by diverse biomass-c inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 209-210, p. 214-225, 2013.

TOLON-BECERRA, A.; TOURN, M.; BOTTA, G. F.; LASTRA-BRAVA, X. Effects of different tillage regimes on soil compaction, mayze (*Zea mays* L.) seedling emergence and yield in the eastern Argentinean Pampas region. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 117, n. 1, p. 184-190, 2011.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C.; GONÇALVES, C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Viabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem em um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1000-1007, 2007.



Amazônia Ocidental

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 12829