

Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja

Influence of green manure in physical and biological properties of soil and productivity in the culture of soybean

Ricardo Alves Cardoso¹; Anderson Soares Bento²; Humberto Misdei Moreski³; Francielli Gasparotto⁴

Resumo

A adubação verde consiste na prática de uso de espécies vegetais em rotação, sucessão ou consorciação com outras culturas comerciais, objetivando melhoria, manutenção e recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Assim, objetivou-se avaliar a influência de diferentes adubos verdes nas características do solo e na produtividade da cultura de soja. O experimento foi realizado em Maringá (PR), em delineamento de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições: T1: aveia branca (*Avena Sativa*); T2: aveia preta (*Avena strigosa*), T3: guandu anão (*Cajanus cajan*), T4: nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*), T5: tremoço branco (*Lupinus albus*) e T6: testemunha (pousio). Ao final do experimento foram estabelecidas relações entre o adubo verde utilizado, à produção de soja, à produção de fitomassa, ao desenvolvimento de microrganismos e densidade aparente do solo. Os dados foram analisados em programa estatístico e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As coberturas que propiciaram maior teor de fitomassa foram o tremoço, a aveia preta e feijão guandu. Os tratamentos que mais influenciaram o aumento de microrganismos do solo foram o tremoço, nabo forrageiro e feijão guandu. Em relação à produtividade, maiores valores encontrados foram obtidos nos tratamentos com feijão guandu, tremoço e aveia branca. Quanto à densidade aparente do solo, o tratamento com nabo forrageiro apresentou melhor resultado.

Palavras-chave: Adubos verdes. Biomassa. Biota do solo. Matéria orgânica.

Abstract

Green manuring is the practice of using plant species in rotation, succession or intercropped with other crops, aiming improvement, maintenance and recovery of physical, chemical and biological soil properties. The objective was to evaluate the influence of different green manures on soil characteristics and productivity of soybean. The experiment was conducted in Maringá (PR) in a randomized block design with six treatments and four replications: T1: oat (*Avena Sativa*), T2: black oat (*Avena strigosa*), T3: dwarf pigeon pea (*Cajanus cajan*), T4: radish (*Raphanus sativus L.*), T5: white lupine (*Lupinus albus*) and T6: control (fallow). At the end of the experiment, relations were established between the green manure used for soybean production, the production of biomass, the development of microorganisms and soil bulk density. The data were analyzed with statistical software and means were compared by Tukey test at 5% probability. The coverages provided higher content of dry matter were lupine, black oat and faba bean. Treatments that most influenced the increase of soil microorganisms were lupine, radish and pigeonpea. Regarding productivity, higher values were obtained in treatments with pigeon pea, lupine and oat. The apparent density of the soil, treatment with turnip showed better results.

Key words: Green manures. Biomass. Soil biota. Organic matter.

¹ Engenheiro Agrônomo. E-mail: ricardo_ac83@hotmail.com

² Acadêmico do curso de Agronomia e bolsista de iniciação científica - Unicesumar. E-mail: bento.anderson@hotmail.com

³ Professor Especialista do curso Agronomia do Unicesumar. E-mail: humberto.moreski@unicesumar.edu.br

⁴ Professora Doutora do curso de Agronomia do Unicesumar, atua na área de Fitopatologia e Biologia do Solo. E-mail: francipg@gmail.com

Introdução

O aumento da produção de alimentos constitui-se em um sério desafio científico-tecnológico, requerendo a expansão das áreas cultivadas. Esta busca não leva em conta apenas a incorporação das áreas agrícolas consideradas adequadas ao cultivo, mas também o aproveitamento de áreas degradadas (BEZERRA et al., 2010).

De acordo com Pereira et al. (2013), com o aumento da área cultivada, cresce também a demanda por novas tecnologias de produção. Nesse sentido, é fundamental que se busquem alternativas que reduzam os impactos e promovam ganhos de produtividade, sem comprometer o balanço energético da cultura. Além dos avanços tecnológicos, a adoção de sistemas de produção sustentáveis e conservacionistas tem contribuído para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, refletindo positivamente no aumento de produtividade das lavouras.

O sistema de plantio direto (SPD) é uma prática de conservação que reduz as perdas de solo e de carbono orgânico. Porém, manter o estoque de carbono orgânico do solo está relacionado ao manejo de culturas utilizado, devendo associar um sistema de rotação e sucessão de culturas diversificadas, que produza adequada quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo durante todo o ano (STEINER et al., 2011).

De acordo Lourente et al. (2011) sistemas de cultivo com menor perturbação do solo, como o SPD, tendem ao aumento do teor de matéria orgânica do solo (MOS) e, conseqüentemente, da biomassa microbiana do solo (BMS).

Segundo Moreira e Malavolta (2004), os microrganismos são reconhecidos por sua habilidade em promover transformações bioquímicas dos nutrientes e por sua importância em prover os elementos nutritivos de interesse às plantas, principalmente (N, P, S, Zn e Cu). Além de outras funções como: armazenamento de água, decomposição de resíduos orgânicos, reciclagem

de nutrientes, sequestro e desintoxicação de substâncias tóxicas entre outras (ANDRADE; SILVEIRA, 2004). Outra importância da biomassa microbiana é nos atributos físicos do solo, tanto na colonização, quanto na decomposição da MOS, os microrganismos contribuem para a estabilidade de agregados dos solos (LOURENTE et al., 2011).

De acordo com Ourives et al. (2010), cada grupo de microrganismos desempenha uma função no solo. A diversidade de microrganismos no solo é muito maior do que se imaginava e devido às alterações realizadas pelas práticas agrícolas essa diversidade pode ser perdida antes mesmo de tornar-se conhecida (VAL-MORAES et al., 2009).

A quantidade e a composição da BMS são influenciadas por diversos fatores como: sistema de cultivo, rotação de culturas e a textura do solo. A rotação de culturas é uma das características essenciais do SPD; o seu uso é recomendado por aumentar a estabilidade dos agregados do solo, além de disponibilizar mais carbono ao solo quando é cultivada uma gramínea ou de fixar nitrogênio atmosférico quando é cultivada uma leguminosa (VENSKE FILHO et al., 2008).

A BMS é um indicador biológico importante por sua capacidade em responder rapidamente às alterações no solo, pela estabilização física dos agregados e por ser a principal fonte de enzimas do solo, tornando-se responsáveis pela maioria da atividade biológica deste sistema (KNUPP; FERREIRA 2011).

O uso de plantas como forma de cobertura, é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, devido à capacidade de absorver nutrientes das camadas sub-superficiais do solo e liberandos pela decomposição dos seus resíduos (BERNARDES et al., 2010, LEITE et al., 2010). Estas podem gerar quantidades de matéria seca (MS) suficientes para manter o solo coberto, aumentar o teor de matéria orgânica e diminuir a

evapotranspiração (GIONGO et al., 2011).

Segundo Arf et al. (1999), a decomposição dos adubos verdes causa reduções nas populações dos patógenos fúngicos das plantas, auxiliando no controle de doenças, na manutenção da matéria orgânica do solo e no controle de nematóides associado à produção de toxinas. Diante disso, a adubação verde é um dos métodos mais baratos de controle de nematoides e é de suma importância verificar a influência das coberturas verdes nas características do solo.

De acordo com Calvo, Foloni e Brancalião (2010), as gramíneas contribuem com elevadas quantidades de fitomassa e devido à alta relação C/N, o processo de decomposição é relativamente lento, contribuindo assim na persistência da cobertura do solo. Ainda segundo os autores, as leguminosas, por fixarem o nitrogênio atmosférico, possuem altos teores de nitrogênio na matéria vegetal, e os restos vegetais geralmente têm baixa relação C/N, com decomposição relativamente acelerada. O consórcio de leguminosas com gramíneas de elevada produção de MS, pode conciliar eficiente cobertura vegetal do solo e maior fixação biológica ou reciclagem de nutrientes, principalmente o N e K (FERRARI NETO et al., 2011), sendo muito importante conhecer a influência das coberturas verdes nas características do solo e na produtividade das culturas como a soja.

Alguns atributos físicos do solo como densidade e espaço poroso podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo de acordo com o manejo a que o solo está sendo submetido. Uma contínua avaliação, no tempo, destes atributos físicos do solo permite monitorar a eficiência ou não destes sistemas de manejo do solo (SECCO et al., 2005). Segundo Silveira Neto et al. (2006), o aumento na densidade do solo da camada subsuperficial é comum nos Latossolos Brasileiros. O uso inadequado de máquinas e equipamentos agrícolas, que leva ao aumento

na densidade do solo destas camadas, tem sido apontado como uma das principais causas da deterioração da estrutura do solo e do decréscimo da produtividade das culturas.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os benefícios da cobertura verde nas propriedades biológicas do solo (microrganismos), na matéria orgânica, na densidade do solo e na produtividade da cultura da soja.

Material e Métodos

Iniciou-se o experimento em abril de 2012, na Fazenda Santa Alda, município de Maringá-PR. Para este trabalho, realizou-se uma pesquisa de natureza básica experimental complementada com pesquisa bibliográfica.

A unidade experimental foi locada em área anteriormente cultivada com a cultura de milho. Para instalação do experimento foi realizada a limpeza da área com as operações do sistema convencional de cultivo em todas as parcelas. Posteriormente os diferentes tipos de cobertura de solo foram propagados via semente nas parcelas da unidade experimental. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 4 repetições.

Utilizou-se como tratamentos as seguintes vegetações como forma de coberturas (adubos verdes): T1: Aveia Branca IPR126; T2: Aveia Preta IAPAR61; T3: Nabo Forrageiro IPR116; T4: Feijão Guandu Anão IAPAR43; T5: Tremoço Branco; T6: Testemunha (pousio).

Em abril de 2012, realizou-se a semeadura dos adubos verdes seguindo as recomendações de semeadura específicas para cada cultura. Após cerca de 5 meses, todos os tratamentos foram dessecados com os herbicidas carfentrazone-etílica (400 g/L) na dose de 75 ml p.c./ha e Sal potássico de N-(phosphonomethyl) glycine (620 g/L) na dose de 2,8 L p.c./ha. Após cinco dias,

foi realizado o plantio da cultura de soja cultivar BMX- Potência-RR pelo método de plantio direto sobre os resíduos dos mesmos.

Para análise dos microrganismos do solo em cada tratamento, foram realizadas coletas de amostras de solo (0 – 20 cm) e estas foram enviadas para laboratório onde se procedeu o método de emplacamento por diluição em série e contagem de colônias. Procedimento este realizado em 2 etapas, uma após dessecação dos adubos verdes, antecedendo a cultura de soja e a outra logo após a colheita da cultura de soja.

No laboratório todas as amostras de solo foram preparadas através de diluição do solo 1/10 (10g de solo em 90 mL de água destilada esterilizada), estas passaram por agitação por 30 minutos. Após este preparo, as amostras foram diluídas em série de 10⁻¹ até 10⁻⁴ transferindo 1 mL da diluição mais concentrada para 9 mL de água (MOREIRA; SIQUEIRA 2006).

Para cada amostra pipetou-se uma alíquota de 0,1 mL das diluições 10⁻² e 10⁻⁴ e transferiram-se as mesmas para placas de Petri contendo o meio de cultivo BDA. O inóculo foi distribuído em cada placa com o auxílio de alça de Drigalski e as placas contendo as amostras foram incubadas a 28°C no escuro por 15 dias. Realizou-se a contagem do número de colônias microbianas aos 5 e 8 dias após a incubação e a classificação das mesmas como colônias fúngicas ou bacterianas.

Para avaliar a matéria orgânica, utilizou-se o Método da Calcinação “*Loss of Ignition*”, em que se coletou 4 g de solo de cada tratamento e realizou-se previamente a secagem a 105°C. Então as amostras foram levadas à mufla e aquecidas por 5 h a 250°C. Posteriormente, as amostras foram pesadas e através da diferença entre o peso inicial (4g) e o final das mesmas obteve-se o teor de matéria orgânica em cada tratamento (adaptado de DAVIES, 1974).

A determinação da densidade do solo foi realizada em amostras coletadas em camadas de

0-5 e 5-10 cm, em outubro de 2013. Para obter as amostras, introduziram-se no solo cilindros de 5 cm de diâmetro por 5 cm de altura (EMBRAPA, 1997).

Para análise da produção da cultura de soja, foram coletados 4 linhas por 5m de comprimento (9 m²) em cada tratamento e procedeu-se a pesagem das mesmas. Os resultados de cada variável foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Na primeira amostragem, o número de colônias fúngicas e de unidades formadoras de colônias bacterianas (UFC) foi superior ao resultado obtido na segunda coleta (Tabela 1 e Gráfico 1).

Os resultados demonstram que ocorreu uma redução no número de microrganismos isolados das amostras de solo em todos os tratamentos entre uma amostragem e outra. Possivelmente isto se deu devido às condições climáticas do ecossistema, à quantidade de biomassa presente no solo e as características dos mesmos, pois na primeira coleta logo após a dessecação dos materiais havia um grande volume de palhada sobre o solo, muito superior ao volume observado ao final da cultura da soja, onde a mesma já havia sido decomposta pelos microrganismos.

Para sobreviverem no solo, que é um ambiente de constantes modificações, os microrganismos se adaptaram para utilizar as mais diversas fontes de energia, e sob as mais diversas condições de ambientes. A adaptação para a vida no solo faz com que ocorram com certa frequência espécies de microrganismos com extraordinária plasticidade nutricional e que podem mudar de conjuntos de enzimas, para assim, sobreviverem nas mais diversas condições ou mesmo diferentes fontes de nitrogênio e carbono (CARDOSO; TSAI; NEVES, 1992).

Tabela 1 - Influência de diferentes adubos verdes na população microbiana do solo (número de colônias).

Tratamentos	Fungos		Bactérias	
	1º amostragem	2º amostragem	1º amostragem	2º amostragem
Aveia branca	16,75a	3,75a	122a	97,5a
Aveia preta	16,75a	5,5a	130,5a	89,5a
Guandu anão	20a	3,75a	154,25a	91,75a
Nabo forrageiro	19,75a	5,75a	188,5a	81,5a
Tremoço	15,5a	1,25a	147,5a	121,5a
Testemunha	12,5a	3,75a	162,25a	80,25a

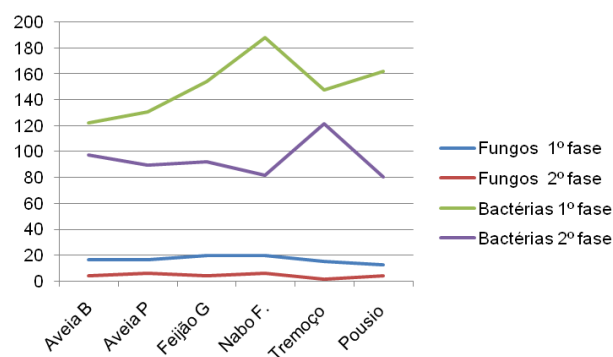
*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor

Durante a estação seca, parte da biomassa microbiana morre e, com a retomada das chuvas e incremento da umidade do solo, a biomassa sobrevivente utiliza matéria orgânica acumulada no período, incluindo as células mortas, havendo, desta forma, maior atividade microbiana durante o período chuvoso. O efeito da temperatura também deve ser considerado, uma vez que a elevação da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica, no verão, acarreta condições favoráveis ao aumento da biomassa microbiana do solo (LOURENTE et al., 2011).

A presença de microrganismos em determinados solos depende das condições ambientais dominantes e dos limites da sua bagagem genética. O sucesso de um organismo em qualquer habitat é função da extensão e rapidez de suas respostas fisiológicas as condições ambientais predominantes. Os microrganismos são bastante versáteis em adaptar-se a mudanças ambientais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Todos os tratamentos apresentaram fungos associados às amostras de solo, sendo que os maiores números de colônias fúngicas foram obtidos no tratamento com feijão guandu na 1º amostragem e no tratamento com nabo forrageiro na 2º amostragem. As UFC bacterianas foram isoladas em maior número nos tratamentos com nabo forrageiro e com tremoço, na primeira e na segunda amostragem, respectivamente (Tabela 1, Gráfico 1).

Gráfico 1 - Desenvolvimento de colônias de fúngicas e bacterianas em dois períodos de amostragem.

Fonte: Autor

Moreira e Siqueira (2006) relatam que a decomposição dos resíduos orgânicos é um processo complexo determinado pela sua qualidade e pela atividade da biota, regulada por fatores ambientais. Em geral, são favorecidos pelo baixo teor de lignina ou compostos fenólicos e alto teor de materiais solúveis, nitrogênio e partículas de tamanho reduzido com baixa relação C/N, condições físicas e químicas que maximizem a atividade biológica (temperatura, umidade e aeração) e ausência de fatores tóxicos no resíduo ou no solo.

A velocidade da decomposição depende dos microrganismos e materiais incorporados bem como dos fatores ambientais relacionados com a atividade da biomassa do solo. Sabe-se que o acúmulo dos resíduos interfere na disposição dos microrganismos, principalmente na sua quantidade (CARVALHO; SODRÉ FILHO, 2000).

Quanto à influência dos diferentes adubos verdes no teor de matéria orgânica do solo (MO), de maneira geral, houve um incremento desta, porém não houve diferenças significativas entre os tratamentos testados e entre os mesmos e a testemunha (Tabela 02). Considerando-se o incremento relativo de MO proporcionado por cada tratamento, o tratamento com tremoço foi o que proporcionou maior aumento na quantidade de MO em relação à testemunha. Este fato pode ser devido às características desta cultura, como a boa adaptação em solos de baixa

fertilidade, elevada capacidade recicladora de nutrientes lixiviados em profundidade, as raízes do tremoço branco atingem mais de 1,20 metros, extraíndo nutrientes das camadas mais profundas e trazendo-os para superfície do solo (BARRADAS et al., 2001).

O sistema de semeadura direta apresentou incremento no teor de MOS em relação à testemunha (Tabela 2). O fato de não ter ocorrido diferença significativa entre o pousio e os demais tratamentos evidencia o não-revolvimento do solo e a manutenção dos resíduos culturais sobre a superfície do mesmo, prática esta já realizada pelo produtor havia algumas safras e que já vinha contribuindo para o aumento do teor de MOS na propriedade.

Tabela 2 - Teor de matéria orgânica no solo de acordo com diferentes culturas de cobertura sob preparo de plantio direto.

Tratamentos	Matéria Orgânica		
	Teor de MO em gramas*	Teor de MO (%)	Incremento Relativo de MO (%)
Testemunha	0,38 a	9,50	0,0
Aveia b.	0,40 a	10,00	5,3
Nabo f.	0,42 a	10,50	10,5
Feijão g.	0,42 a	10,50	10,5
Aveia p.	0,43 a	10,75	13,2
Tremoço b.	0,45 a	11,25	18,4

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor

Segundo Almeida et al. (2008), o uso de plantas de cobertura e a rotação de gramíneas e leguminosas devem ser incentivados, visto que as raízes de leguminosas em associação simbiótica com bactéria do gênero rizóbio fixam N₂ e aumentam a concentração deste nutriente no solo, favorecendo, assim, maior produção de fitomassa pelas plantas. Por outro lado, o sistema radicular das gramíneas introduz carbono via rizodeposição e morte das raízes, contribuindo para o incremento do teor de MOS, o que é desejável por ser a MOS a principal responsável pela capacidade de troca de cátions (CTC).

De acordo com Moreira e Siqueira (2006), a MOS desempenha papel fundamental nas funções do solo, e por isso é considerada a principal característica indicadora da sua qualidade por apresentar forte inter-relação com quase todas as características físicas, químicas e biológicas do solo, exercendo forte influência na sua capacidade produtiva e impactando intensamente a nutrição das plantas e produção agrícola. A relação entre teor de MOS e a produtividade nem sempre é direta e linear, porém, em grande parte, pode-se afirmar que quanto maior o teor de MOS, melhor é o solo.

Considerando os tratamentos avaliados em duas camadas de solos amostradas em dois espaços de tempos (24 e 48 horas), a análise de variância para densidade do solo revelaram efeitos significativos para o tratamento com nabo forrageiro (Tabela 3). Segundo Cunha et al. (2011), culturas agregadoras e com sistema radicular agressivo podem minimizar os efeitos negativos da degradação dos solos por meio de melhorias na sua estrutura, e as gramíneas perenes, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecem as ligações dos pontos de contato entre partículas minerais e agregadas, contribuindo para sua formação e estabilidade.

Tabela 3 - Densidade do solo cultivado com diferentes culturas de cobertura, nas camadas de 0 – 5 cm e 5 – 10 cm de profundidade.

Tratamentos	Densidade do solo (Mg m ³)			
	0 - 5 cm		5 - 10 cm	
	T1 ¹	T2	T1	T2
Tremoço	0,22b ²	0,22b	0,32a	0,32ab
Testemunha	0,27ab	0,27ab	0,37a	0,37a
Guandu	0,27ab	0,27ab	0,36a	0,38a
Aveia b.	0,28ab	0,28ab	0,34a	0,28b
Aveia p.	0,30a	0,29ab	0,34a	0,34ab
Nabo f.	0,33a	0,35a	0,39a	0,39a

¹T1 = peso conferido após 24 horas; T2 = peso conferido após 48 horas.

²Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor

Spera et al. (2009) descreve em seu trabalho que a densidade do solo acima de 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos é restritiva ao crescimento radicular e, conseqüentemente ao rendimento de grãos das espécies cultivadas. Uma série de trabalhos têm registrado, sob plantio direto, valores maiores de densidade do solo e de resistência à penetração, e menores de porosidade total e de macroporosidade na camada superficial, quando comparados aos sistemas de preparo convencional de solo.

Quanto à produtividade da cultura de soja, os maiores valores foram obtidos quando a cultura foi implantada sobre a palhada da cultura de feijão guandu anão com produtividade média de 3,7 t/ha, valores próximos foram obtidos no tratamento com tremoço 3,4 t/ha e com a aveia branca 3,4 kg/ha (Tabela 4).

Tabela 4 - Produtividade da cultura de soja sobre influência de diferentes adubos verdes

Tratamentos	Produtividade	
	kg/parcelas	t/ha
Nabo f.	2.3 c	2.6
Testemunha	2.6 bc	2.9
Aveia p.	2.8 bc	3.1
Aveia b.	3.0 ab	3.4
Tremoço b.	3.1 ab	3.4
Feijão g.	3.3 a*	3.7

¹Médias com letras distintas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%, e as seguidas de asterisco diferem significativamente a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor

Ferrari Neto et al. (2012) relata em seu trabalho que o guandu-anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), possui menor relação C/N que gramíneas, com menor persistência de palhada. Entretanto, possui capacidade de fornecer N ao sistema, via fixação biológica, além de outra característica do guandu-anão é o sistema radicular agressivo, pois promove a reciclagem de nutrientes, podendo ser utilizado em áreas com problema de compactação no sistema plantio direto. Como a cultura da soja é extremamente exigente em nitrogênio, o uso deste adubo verde antecedendo a mesma pode

ter proporcionando uma maior disponibilização deste nutriente para a planta influenciando assim positivamente em sua produção.

Materiais com baixa relação C/N (< 25) e reduzidos teores de lignina e de polifenóis apresentam rápida mineralização e fornecem grandes quantidades de nutrientes para as culturas subsequentes. Já os materiais com elevada relação C/N (> 25) e altos teores de lignina e polifenóis sofrem decomposição mais lenta, podendo formar uma cobertura morta estável e capaz de proteger o solo contra a erosão (ESPINDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 2005). Assim, dependendo do que se deseja, disponibilidade rápida de nutrientes as plantas ou maior proteção do solo, deve-se escolher o adubo verde a ser utilizado em um sistema de plantio direto.

Considerações Finais

Isolou-se fungos e bactérias de todos os tratamentos avaliados, sendo que a maior quantidade de microrganismos foi obtida sobre a palhada do feijão guandu anão, porém não diferindo dos demais tratamentos. Na segunda coleta houve um decréscimo no número de colônias observadas, evidenciando assim que a palhada dos adubos verdes teve forte influência no desenvolvimento da biota do solo.

Quanto à matéria orgânica do solo, o maior incremento foi proporcionado pelo tratamento com feijão guandu anão, porém não houve diferenças significativas entre os tratamentos.

O tratamento com nabo forrageiro proporcionou melhor densidade ao solo.

O sistema de plantio direto sobre os resíduos dos adubos verdes proporcionou aumento de 10% na produtividade, sendo que os resíduos de feijão guandu e tremoço branco foram os que proporcionaram maior produtividade da cultura de soja.

De acordo com os dados observados, os adubos verdes associados ao sistema de plantio direto demonstraram eficiência em todos testes realizados, porém cada tratamento influenciou de forma diferente cada parâmetro analisado.

Referências

ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, S. A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1227-1237, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n3/a31v32n3.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2013.

ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D. Biomassa e atividade microbiana do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1191-1198, 2004.

ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, nov. 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n11/7508.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2013.

BARRADAS, C. A. A.; FREIRE, L. R.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H. Comportamento de adubos verdes de inverno na região serrana fluminense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1461-1468, dez. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n12/7488.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2013.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; AGUIAR, R. A.; MESQUITA, G. M. Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins braquiária e mombaça, em condições de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 370-377, 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/5584>>. Acesso em: 2 mar. 2013.

BEZERRA, M. E. J.; LACERDA, C. F.; SOUZA, G. G.; GOMES, V. F. F.; MENDES FILHO, P. F. Biomassa, atividade microbiana e FMA em rotação cultural milho/feijão-de-corda utilizando-se águas salinas. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 562-570, 2010. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/665>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v69n1/11.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2013.

CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. *Microbiologia do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992.

CARVALHO, A. M., SODRÉ FILHO, J. S. *Uso de adubos verdes como cobertura de solo*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 11).

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: I – atributos físicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 589-602, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a28.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2013.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Cap. 18, p. 435- 448. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/AgrobCap18ID-rODRLL1PIX.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 2013.

FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 978-985, out./dez. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rca/v42n4/a21v42n4.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

- FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. Consórcio de guandu-anão com milho: persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa. *Bragantia*, Campinas, v. 71, n. 2, p. 264-272, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v71n2/aop_1293_12.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2013.
- GIONGO, V.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no semiárido brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 611-618, 2011. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/909>>. Acesso em: 19 mar. 2013.
- KNUPP, A. M.; FERREIRA, E. P. B. Eficiência da quantificação do carbono da biomassa microbiana por espectrofotometria comparada ao método titrimétrico. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 6, n. 4, p. 588-595, out./dez. 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51703/1/k2011.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2012.
- LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no cerrado maranhense. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 29-35, 2010. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/434>>. Acesso em: 16 mar. 2013.
- LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 20-28, jan./mar. 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/8459>>. Acesso em: 18 fev. 2013.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1103-1110, nov. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n11/22582.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2013.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.
- OURIVES, O. E. A.; SOUZA, G. M.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de brachiária brizantha cv. Marandú. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 126-132, 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/5138>>. Acesso em: 28 fev. 2013.
- PEREIRA, W.; LEITE, J. M.; HIPÓLITO, G. S.; SANTOS, C. L. R.; REIS, V. M. Acúmulo de biomassa em variedades de cana-de-açúcar inoculadas com diferentes estirpes de bactérias diazotróficas. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 363-370, 2013. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1484/811>>. Acesso em: 15 mar. 2013.
- SECCO, D.; ROS, C. O.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um latossolo vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 407-414, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n3/25741.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2013.
- SILVEIRA NETO, A. N.; SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F.; OLIVEIRA, L. F. C. Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 29-35, jan./abr. 2006. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/2169/2117>>. Acesso em: 12 out. 2013.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A.; VILA, A. Á. Atributos físicos do solo em sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1079-1093, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v68n4/v68n4a29.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2013.
- STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M. Carbono orgânico e carbono residual do solo em sistema de plantio direto, submetido a diferentes manejos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 6, n. 3, p. 401-408, jul./set. 2011. Disponível em: <http://agraria.pro.br/sistema/index.journal=agraria&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=agraria_v6i3a944>. Acesso em: 12 fev. 2013.

VAL-MORAES, S. P.; VALARINI, M. J.; GHINI, R.; LEMOS, E. G. M.; CARARETO-ALVES, L. M. Diversidade de bactérias de solo sob vegetação natural e cultivo de hortaliças. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 40, n. 1, p. 7-16, 2009. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/397/293>>. Acesso em: 24 jun. 2013.

VENSKÉ FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C. C. Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais - Tibagi, PR. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 599-610, mar./abr. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832008000200015&script=sci_arttext>. Acesso em: 11 mar. 2013.

*Recebido em: 28 mar. 2014.
Aceito em: 29 jul. 2014*