

JUSSARA LEDA GRIESANG

**MICROBIOTA DO SOLO E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SOB CONSÓRCIOS NO
ESTADO DE MATO GROSSO – BRASIL**

TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL

2019

JUSSARA LEDA GRIESANG

**MICROBIOTA DO SOLO E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SOB CONSÓRCIOS NO
ESTADO DE MATO GROSSO – BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós - graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho

Co-orientadora: Profa. Dra. Andreia de Oliveira Vieira

TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL

2019

G848m Griesang, Jussara Leda.

Microbiota do solo e produção de girassol sob consórcios no Estado de Mato Grosso – Brasil / Jussara Leda Griesang; Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho; Dr^a Andreia de Oliveira Vieira– Tangará da Serra, 2018.

42f. il. (anexo CD-ROM)

Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção na Universidade do Estado de Mato Grosso) – UNEMAT.

1. *Helianthus annuus*. 2. Plantas de cobertura. 3. Microorganismos.
I. Título.

CDU – 631.461 (81)

JUSSARA LEDA GRIESANG

**“MICROBIOTA DO SOLO E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SOB
CONSÓRCIOS NO ESTADO DE MATO GROSSO – BRASIL”**

Dissertação apresentada à
Universidade do Estado de Mato
Grosso, como parte das exigências
do Programa de Pós-graduação
Stricto Sensu em Ambiente e
Sistemas de Produção Agrícola para
obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 22 de novembro de 2018.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Orientador



Prof. Dr. Vicente de Paulo Campos Godinho
EMBRAPA – Rondônia
Membro externo



Profa. Dra. Dejânia Vieira de Araújo
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Membro interno

TANGARÁ DA SERRA/MT- BRASIL

2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida e todas as oportunidades proporcionadas.

Agradeço ao professor Marco Antônio Camilo de Carvalho, pela paciência, orientação, ensinamentos, confiança, por não duvidar em nenhum momento da minha capacidade em trabalhar e estudar. A professora Andreia de Oliveira Vieira pela co-orientação, incentivo, amizade, dedicação, sem medir esforços para realização do estudo, me aconselhar e ser meu exemplo de vida acadêmica, ao Waldinei Lacerda pela paciência e ensinamentos estatístico e ao professor Márcio Magalhães pela orientação no estágio docência.

As minhas amigas de percurso no decorrer das disciplinas Vivieni e Jéssica, por toda paciência e aprendizado intelectual e de vida compartilhada, sou grata por tudo. Aos meus amigos de longa data Thereza, Wellyton, Sara e Helen, pelo apoio e estarem comigo em todas as conquistas.

Aos meus pais Sergio e Celi, ao Willian, por aguentar comigo todas as lutas, me incentivar e entender toda a minha ausência. A minha estrela guia e irmã Tainara, por ser a melhor que eu poderia ter.

A Celena Alimentos, em especial ao Vantuir Scarantti pelo entendimento e confiança em minha dupla jornada.

Ao IFMT *Campus* Campo Novo do Parecis, pelo auxílio laboratorial e experimental que foram indispensáveis para a realização desta pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola pelo aprendizado e a UNEMAT pela oportunidade de estudo.

A todos meu muito obrigada!

“Haverá girassóis em todas as janelas”.

Thiago de Mello

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO GERAL	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
MICROBIOTA DO SOLO E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SOB CONSÓRCIOS NO ESTADO DE MATO GROSSO – BRASIL	16
RESUMO	16
ABSTRACT	16
INTRODUÇÃO	17
MATERIAL E MÉTODOS	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
CONCLUSÕES	33
AGRADECIMENTOS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS	42

RESUMO GERAL

O estado do Mato Grosso é líder da produção agrícola do país, participando significativamente na exportação de grãos. Possui localização privilegiada com vastas extensões de terras agricultáveis e sistema de cultivo caracterizado pela monocultura da soja em combinação com alta inserção de insumos e tecnologia. Apesar da evolução na produtividade desde o início dos anos 90, alguns fatores vêm contribuindo para que na última década o mesmo não ocorra, destacando-se o uso contínuo da monocultura e o manejo incorreto do solo, o que tem levado a degradação do mesmo e preocupado a comunidade científica e rural. Visando a melhoria dessas condições algumas práticas podem ser empregadas para minimizar os impactos, onde destaca-se a rotação/sucessão de espécies e consórcios. Tais práticas contribuem para adição de palhada ao solo, auxiliando na manutenção e/ou aumento da matéria orgânica, trazendo diversificação da produção agrícola e sustentabilidade aos sistemas. Como a soja proporciona alta liquidez, substituí-la na safra principal torna-se complexo, assim algumas opções para segunda safra vêm se destacando, dentre as culturas de importância agrícola cultivadas na região central do país. Neste sentido, o girassol vem se destacando por suas características agronômicas, e por proporcionar benefícios ao sistema produtivo como a ciclagem e baixa exportação de nutrientes e apresentar resistência as variações edafoclimáticas. Porém seus resíduos são compostos por hastes e pedaços de capítulos, proporcionando baixa cobertura sobre o solo, assim o consórcio com plantas de cobertura pode ser uma alternativa viável, melhorando a microbiota do solo, proporcionando palhada, manutenção da umidade e temperatura deste. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito dos consórcios sobre a biomassa microbiana, identificar a melhor planta de cobertura e o sistema de cultivo para o girassol, visando produção de palhada e grãos. Como plantas de cobertura utilizou-se *Urochloa ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis*, *Raphanus sativus*, *Fagopyrum esculentum* e *Brassica napus*, além do girassol solteiro, em dois sistemas: semeadura das plantas de cobertura nas entrelinhas do girassol e a lanço. Ambos os sistemas foram conduzidos no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - *Campus* Campo Novo do Parecis-MT, no ano agrícola de 2016/17. Foram avaliados os efeitos dos tratamentos sobre: atividade microbiológica do solo (atividade da enzima β -glicosidase e carbono da biomassa microbiana); características agronômicas (altura de planta, diâmetro de colmo, produtividade, teores de ácido oléico e massa seca dos resíduos), temperatura do solo desde a época da colheita do girassol até a pré-semeadura da soja e também a taxa de permanência da palhada. O consórcio com *B. napus* e *U. ruziziensis* aumentaram a atividade da enzima β -glicosidase, enquanto que o consórcio com *R. sativus* e girassol solteiro apresentaram as menores produtividades de grãos quando cultivadas nas entrelinhas. A *U. ruziziensis* produziu maior massa seca e reduziu a temperatura do solo, sem interferir no desenvolvimento das plantas de girassol e qualidade de óleo, em ambos os sistemas de cultivo. Assim, destaca-se o consórcio *U. ruziziensis* com girassol, o qual forneceu ao solo cobertura no período de entre safra, assim como reduziu a temperatura do solo quando comparado ao girassol solteiro e as demais plantas de cobertura avaliadas.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*, plantas de cobertura, microorganismos.

ABSTRACT

The state of Mato Grosso is the leader of the country's agricultural production, participating significantly in the export of grains. It has a privileged location with vast tracts of arable land and a system of cultivation characterized by monoculture in combination with high insertion of inputs and technology. Despite the evolution in productivity since the beginning of the 1990s, some factors have contributed to the fact that in the last decade the same has not occurred, standing out the continuous use of monoculture of soybean and the incorrect management of the soil, which has led to degradation and concern to scientific and rural community. In order to improve these conditions some practices can be used to minimize the impacts, where the rotation / succession of species and consortia is highlighted. These practices contribute to the addition of straw to the soil, helping to maintain and / or increase organic matter, bringing diversification of agricultural production and sustainability to the systems. As soy provides high net income, replacing it in the main crop becomes complex, so some options for the second crop have been highlighted, among the crops of agricultural importance cultivated in the central region of the country. In this sense, the sunflower has been outstanding for its agronomic characteristics, and for providing benefits to the productive system such as cycling and low export of nutrients and resistance to edaphoclimatic variations. However, its residues are composed of stems and sections of chapters, providing low coverage on the soil, so the consortium with cover crops can be a viable alternative, improving the soil microbiota, providing straw, maintaining humidity and temperature. The objective of this work was to evaluate the effect of the consortia on the microbial community, to identify the best cover plant and the cropping system for the sunflower, aiming the production of straw and grains. As cover plants, *Urochloa ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis*, *Raphanus sativus*, *Fagopyrum esculentum* and *Brassica napus*, as well as single sunflower, were used in two systems: sowing of the cover plants between the lines of the sunflower and the hauls. Both systems were conducted in the experimental field of the Federal Institute of Education, Science and Technology - Campus Campo Novo do Parecis-MT, in the agricultural year of 2016/17. The effects of treatments on: soil microbiological activity (β -glucosidase enzyme activity and microbial biomass carbon) were evaluated; (plant height, stem diameter, yield, oleic acid content and dry mass of the residues), soil temperature from the time of sunflower harvest to the pre-sowing of soybean and also the rate of permanence of the straw. The consortium with *B. napus* and *U. ruziziensis* increased the activity of the β -glycosidase enzyme, whereas the consortium with *R. sativus* and single sunflower showed the lowest yields of grains when grown between the lines. *U. ruziziensis* produced a higher dry mass and reduced soil temperature, without interfering with the development of sunflower plants and oil quality, in both cropping systems. Thus, the consortium *U. ruziziensis* with sunflower, which provided the soil cover in the inter-harvest period, as well as the soil temperature when compared to the single sunflower and the other hedge plants evaluated, is highlighted.

Key-words: *Helianthus annuus*, cover crops, microorganisms.

INTRODUÇÃO GERAL

A região central do Brasil tem contribuído para a confirmação do destaque da produção agrícola do país, principalmente com o sistema de sucessão soja/milho, sendo a cultura de soja (*Glycine max*) cultivada em primeira safra e milho (*Zea mays*) em segunda safra, onde a área total de cultivo de soja foi de 35 milhões e a de milho de 16,6 milhões de hectares, no ano agrícola de 2016/17 (CONAB, 2018). Atividades agrícolas contínuas em sucessão tem resultado em desequilíbrios químicos, físicos e principalmente microbiológicos, ocasionado perdas ao solo e sistemas agrícolas (BRADY & WEIL, 2013; GALERANI, 2005).

Diante disso, o estado do Mato Grosso vem se destacando na tentativa de diversificação de culturas em segunda safra, sendo cultivado além do milho amarelo as culturas do algodão, feijões, sorgo, girassol, milho pipoca, milho branco, gergelim, chia, painço, trigo, arroz, mamona, entre outras. A diversificação de culturas, envolvendo alternância de espécies vegetais, melhoram os atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo, proporcionando melhorias para o sistema (CONAB, 2018; DEBIASI, 2015; RODRIGUES et al., 2014).

O sistema de consórcio não é uma atividade recente e tem se tornando alternativa para cultivo de segunda safra, objetivando o cultivo de grãos além do fornecimento da palhada sobre o solo no período de estresse hídrico nos meses de maio a setembro. Geralmente opta-se por culturas de cobertura que tem o poder de alta reciclagem de nutrientes, as quais exploram as camadas mais profundas do solo e disponibilizam esses nutrientes nas camadas superficiais, onde além de auxiliar na descompactação, proporcionam produção de biomassa (PACHECO et al., 2011; BOER et al. 2007; CARVALHO et al., 2007). Além do aumento de produtividade, minimização de perdas, além do auxílio no controle de pragas, doenças, controle de erosão, otimização de mão de obra e diversificação de matéria prima (SILVA, 2014; RODRIGUES et al., 2014).

A cultura do girassol (*Helianthus annuus*) destaca-se como uma boa opção na microrregião do Parecis do estado do Mato Grosso, por ser tolerante as variações edafoclimáticas, possuir bom desenvolvimento da raiz principal pivotante e das raízes secundárias, possibilitando o acúmulo nutricional na faixa de 0,45-0,60% de nitrogênio (N), 0,15-0,22% de fósforo (P), e 1,80-1,94% de potássio (K) e, além da baixa exportação (56, 60 e 7% de NPK respectivamente), fazendo com que ocorra a

ciclagem de nutrientes no solo, tornando-se uma ótima opção de auxílio no restabelecimento da fertilidade do solo e melhoria de suas propriedades (CASTRO et al., 1996; SOUZA et al., 2004; VILLALBA, 2008; BABU et al.; 2014). No entanto, apresenta baixa relação carbono/nitrogênio e alta taxa de decomposição dos resíduos, além da baixa taxa e manutenção da cobertura sobre o solo no período de entre safra (CASTRO et al., 1996; SOUZA et al., 2004; LEITE et al., 2005; LYON, 1998).

A palhada proporciona melhorias nas condições físicas, químicas e microbiológicas do solo, e assim, mantê-la e aumentá-la é de suma importância para a agricultura, pois contribui para manutenção da qualidade, umidade e temperatura do solo, liberando nutrientes a médio e longo prazo através da ação de microorganismos decompositores. A enzima β -Glicosidase, decompositora de celulose, hidrolisa os resíduos de celobiose formando o açúcar β -D-glucose, sendo esta uma das primeiras fases da degradação de compostos orgânicos. A β -glicosidase atua em grande variedade de substratos e regula o suprimento de energia para os micro organismos capazes de utilizar a celobiose, agindo na renovação do conteúdo de matéria orgânica e na mineralização do carbono, quando presente, esta indica qualidade de solo (ALVARENGA et al., 2001; TABATABAI, 1982).

A biomassa microbiana constitui a maior diversidade biológica e fisiológica do solo, é importante indicadora de qualidade desse, sendo influenciada pela umidade, temperatura, manejo, cultivo, tempo de instalação do sistema e manutenção de palhada ao solo. Esses constituem cerca de 2-5% do carbono orgânico do solo, assim sua razão determina a qualidade da MO, em semeadura direta, por exemplo, o carbono da biomassa microbiana (CBM) é mais estável, isso porque suas reservas são governadas pela atividade metabólica dos microorganismos do solo, direcionada pela diversidade vegetal, permanência da cobertura do solo e exsudação de raízes (CHANTIGNY et al., 2000; PEREZ et al., 2004; LANGE et al., 2015; CARNEIRO et al., 2008; EIRA, 1995).

Os resíduos que proporcionarem aumento na CBM e conseqüentemente maior mineralização dos nutrientes da fitomassa, são capazes de promover o enriquecimento do solo. Assim pode se observar que maior alternância de culturas, principalmente culturas de cobertura, sustentam a qualidade, a produtividade do solo e a biomassa microbiana (MCDANIEL et al., 2014).

Na tentativa de minimização de efeitos negativos ao solo e busca por melhorias aos sistemas de cultivo, objetivou-se estudar microbiota e produtividade do girassol sob o efeito de cinco plantas de cobertura (*Urochloa ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis*, *Raphanus sativus*, *Fagopyrum esculentum* e *Brassica napus*) consorciadas com girassol, em dois sistemas de cultivo: em linha e a lanço, avaliou-se os efeitos sobre a atividade da enzima β -glicosidase e carbono da biomassa microbiana do solo, fitomassa dos consórcios sobre a temperatura do solo em diferentes períodos e as características produtivas do girassol. A presente dissertação é composta pelo artigo intitulado Microbiota do solo e produção de girassol em consórcios no Mato Grosso – Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarenga, R.C.; Cabezas, W.A.L.; Cruz, J.C.; Santana, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropecuário. Belo Horizonte-MG, v.22, n.208, p. 25-36, 2001.

Babu, S.; Rana, D.S.; Yadav, G.S.; Singh, R.; Yadav, S.K. A Review on Recycling of Sunflower Residue for Sustaining Soil Health. International Journal of Agronomy, p. 1-8, 2014.

Boer, C.A.; Assis, R.L.A.; Silva, G.P.; Braz, A.J.B.P.; Barroso, A.L.L.; Filho, A.C.; Pires, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. Pesquisa agropecuária brasileira. Brasília-DF, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007.

Brady, N.C. & Weil, R.R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3ª ed., Editora Bookman, 2013. Cap.1, p.1-29.

Carvalho, M.A.C.; Soratto, R.P.; Alves, M.C.; Arf, O.; Sá M.E. Plantas de cobertura, sucessão de culturas e manejo do solo em feijoeiro. Revista Bragantia, Campinas-SP, v.66, n.4, p.659-668, 2007.

Carneiro, M.A.C.; Cordeiro, M.A.S.; Assis, P.C.R.; Moraes, S.E.; Pereira, H.S.; Paulino, H.B.; Souza, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. Revista Bragantia, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.

Castro, C.; Castiglioni, V.B.R.; Baila, A.; Leite, R.M.V.B.C.; Karam, D.; Mello, H.C.; Guedes, L.C.A.; Faria, J.R.B. A cultura do girassol. Circular Técnica Nº13, 1996.

Chantigny, M.H.; Angers, D.A.; Beauchamp, C.J. Active carbon pools and enzyme activities in soils amended with de-inking paper sludge. Can. J. Soil Sci., 80:99-105, 2000.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira. Grãos. SAFRA 2017/18. 2018.

Debiasi, H.; Franchini, J.C.; Balbinot, A.A.; Conte, J.O. Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2015.

Eira, A.F. Influência da cobertura morta na biologia do solo. Biotecnologia e microbiologia agrícola – Departamento de Defesa Fitossanitária FCA/UNESP. Curitiba-PR, 16-33p, 1995.

Galerani, P. Perdas repetidas. Embrapa Soja, Cultivar, p. 42-46, 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71325/1/ID-25583.pdf>

Lange, M.; Eisenhauer, N.; Sierra, C.A.; Bessler, H.; Engels, C.; Griffiths, R.I.; Mellado-Vázquez, P.G.; Malik, A.A.; Roy, J.; Scheu, S.; Steinbeiss, S.; Thomson, B.C.; Trumbore, S.E.; Gleixner, G. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature Communications*, p.1-8, 2015.

Leite, R.M.V.B.C.; Brighenti, A.M.; Castro, C. Girassol no Brasil. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional do Pesquisa de Soja – CNPSo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Londrina-PR, 2005.

Lyon, D.J. Sunflower residue weight and ground cover loss during summer fallow. Conservation Measures, Soil and Water Conservation Society, All rights reserved, *Journal of Soil and Water Conservation*, p.71-73, 1998.

McDaniel, M.D.; Tiemann, L.K.; Grandy, A.S. Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecological Applications*, v.24, n.3, p.560–570, 2014.

Pacheco, L.P.; Leandro, W.M.; Machado, P.L.O.A.; Assis, R.L.; Cobucci, T.; Madari, B.E.; Petter, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por

plantas de cobertura na safrinha. Pesquisa agropecuária brasileira. Brasília-DF, v.46, n.1, p.17-25, 2011.

Perez, K.S.S.; Ramos, M.L.G.; McManus, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília-DF, v.39, n.6, 2004.

Rodrigues, C.F.; Bezerra, A.R.; Pitombeira, J.B.; Carvalho, C.M.; Silva, L.L.; Feitosa, S.O. Sistema de consórcio do girassol, feijão-de-corda e amendoim em séries de substituição. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza – CE, v.8, n.3, p.256 – 269, 2014.

Silva, A.P. E Cagnini, C.Z. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana na avaliação da qualidade do solo em sistemas agrícolas. Journal of Agronomic Sciences, Umuarama-PR, v.3, n.2, p.197-207, 2014.

Souza, A.; Oliveira, M. F.; Castiglioni, V. B. R. O boro na cultura do girassol. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 25. n.1, p.27-34, 2004.

Tabatabai, M.A. Soil Enzymes. Iowa State University Ames, 1982.

Villalba, E.O.H. Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para girassol sob sistema plantio direto no Paraguai. 2008. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais, Santa Maria-RS, p.13-15, 2008.

MICROBIOTA DO SOLO E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SOB CONSÓRCIOS NO ESTADO DE MATO GROSSO – BRASIL

(Revista Brasileira de Ciências Agrárias)

RESUMO

Os cultivos de segunda safra no estado de Mato Grosso vêm crescendo, algumas culturas destacam-se como opções de rotação/sucessão de espécies e consórcios, como o girassol. No intuito de melhorar a manutenção e/ou aumento da palhada sobre o solo, objetivou-se avaliar os efeitos dos consórcios sobre a comunidade microbiana, identificar a melhor planta de cobertura e o sistema de cultivo para o girassol, visando produção de palhada e grãos. Como plantas de cobertura utilizou-se *Urochloa ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis*, *Raphanus sativus*, *Fagopyrum esculentum* e *Brassica napus*, além do girassol solteiro, em dois sistemas: semeadura das plantas de cobertura nas entrelinhas do girassol e a lanço. Ambos os sistemas foram conduzidos no campo experimental do IFMT - Campus Campo Novo do Parecis - MT, no ano agrícola de 2016/17. Foram avaliados os efeitos dos tratamentos sobre a atividade microbiológica do solo, características agronômicas do girassol, massa seca dos resíduos, quinzenalmente a temperatura do solo desde a época da colheita do girassol até a pré semeadura da soja e a taxa de permanência da palhada. O consórcio com *B. napus* e *U. ruziziensis* aumentaram a atividade da β -glicosidase. O consórcio com *R. sativus* e girassol solteiro apresentaram as menores produtividades de grãos quando cultivadas nas entrelinhas. *U. ruziziensis* produziu maior massa seca, obteve maior taxa de permanência da palhada e reduziu a temperatura do solo, sem interferir no desenvolvimento das plantas de girassol e qualidade de óleo, em ambos os sistemas de cultivo. Destaca-se o sistema a lanço para consórcio.

Palavras-chave: Alternância de espécies, biomassa microbiana e *Urochloa ruziziensis*

SOIL MICROBIOT AND SUNFLOWER PRODUCTION UNDER CONSORTIUMS IN THE STATE OF MATO GROSSO – BRAZIL

ABSTRACT

Second crop crops in the state of Mato Grosso have been growing, some crops stand out as options of rotation / succession of species and consortia, such as sunflower. In order to improve the maintenance and / or increase of straw over the soil, the objective was to evaluate the effects of the consortia on the microbial community, to identify the best cover plant and the cultivation system for the sunflower, aiming the production of straw and grains. As cover plants, *Urochloa ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis*, *Raphanus sativus*, *Fagopyrum esculentum* and *Brassica napus*, as well as single sunflower, were used in two systems: sowing of the cover plants between the lines of the sunflower and the hauls. Both systems were conducted in the experimental field of the IFMT - Campus Campo Novo do Parecis-MT, in the agricultural year of 2016/17. The effects of treatments on the microbiological activity of the soil, agronomic characteristics of the sunflower, dry mass of the residues, biweekly the soil temperature from the time of the sunflower harvest until the pre-sowing of the soybean and the rate of permanence of the straw were evaluated. The consortium with *B. napus* and *U. ruziziensis* increased β -glucosidase activity. The consortium with *R. sativus* and single sunflower showed the lowest yields of grains when cultivated between the lines. *U. ruziziensis* produced a higher dry mass, obtained a higher straw permanence rate and reduced soil temperature, without interfering with the development of sunflower plants and oil quality, in both cropping systems. It stands out the system for the consortium.

Key-words: Alternation of species, microbial biomass and *Urochloa ruziziensis*

INTRODUÇÃO

O Brasil tem confirmado o seu potencial de produção agrícola e se destacado nas últimas décadas pelo desenvolvimento produtivo em sua região central, com as monoculturas de soja, (*Glycine max*) em primeira safra e milho (*Zea mays*) em segunda safra, onde a área total de cultivo de soja e milho tem aumentado a cada safra. As atividades agrícolas como a monocultura têm proporcionado alterações no solo, principalmente na matéria orgânica que torna o ambiente instável. Esse desequilíbrio, ocasionado pelas perdas de quantidade, qualidade e diversidade da matéria orgânica, afetam diretamente a atividade microbiológica e geram impactos negativos aos solos (BRADY & WEIL, 2013).

Estudos apontam que quanto maior a diversificação de culturas, envolvendo a rotação/sucessão e consórcios de espécies de diferentes famílias, melhores serão os resultados sobre as condições químicas, físicas e microbiológicas do solo, sendo a última, importante indicadora de qualidade desse, influenciados pelo manejo, proporcionando maior sustentabilidade e lucratividade para o sistema produtivo (RODRIGUES et al., 2014).

A cultura do girassol (*Helianthus annuus*) destaca-se como opção na microrregião do Parecis no estado do Mato Grosso, por ser tolerante as variações edafoclimáticas, possuir bom desenvolvimento da raiz principal pivotante e das raízes secundárias, porém apresenta alta taxa de decomposição dos resíduos e baixa manutenção da cobertura sobre o solo no período de entre safra (LEITE et al., 2005; LYON, 1998).

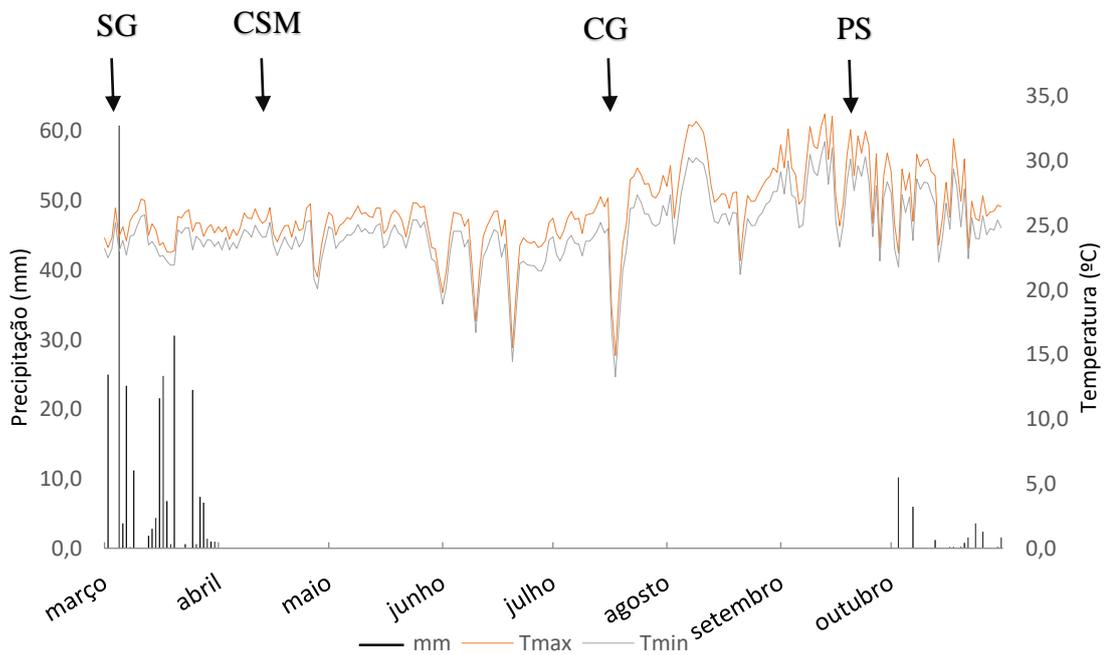
Na tentativa de minimizar os efeitos negativos das monoculturas e obter melhorias para a agricultura, este trabalho teve por objetivo avaliar as características microbiológicas do solo, produtividade do girassol e massa seca sob o efeito de cinco plantas de cobertura (*Urochloa ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis*, *Raphanus sativus*, *Fagopyrum esculentum* e *Brassica napus*) em consórcios com girassol, fazendo uma abordagem dos consórcios no sistema de cultivo em linha e a lanço, avaliando os efeitos sobre a atividade da enzima β -glicosidase e carbono da biomassa microbiana do solo, os efeitos fitomassa dos consórcios sobre a temperatura do solo em diferentes períodos, além das características produtivas do girassol.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFMT, *Campus* Campo Novo do Parecis, em segunda safra no ano agrícola de 2016/17. A localização geográfica da área experimental possui as coordenadas 13°40'31" latitude sul e 57°53'31" longitude oeste, 564 metros de altitude, o solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (MOREIRA & VASCONCELOS, 2007).

O clima do local segundo preceitos de Köppen é tropical úmido megatérmico (Aw), possuindo uma estação chuvosa bem definida, (VIANELLO & ALVES, 2004). Os dados de precipitação e temperatura, durante o período de condução da pesquisa, estão apresentados na Figura 1.

Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura durante o período de março a outubro de 2017, Instituto Nacional de Meteorologia – INMET estação de Campo Novo do Parecis – INMET, 2017



SG: semeadura do girassol, CSM: coleta de solo para análises microbiológicas, CG: colheita do girassol, PS: pré semeadura da cultura sucessora.

Para caracterização química da área experimental foi realizada coleta de solo em fevereiro 2017, na profundidade de 0-0,20 m, e as análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia da Arruda et al (2014), onde se obteve os seguintes resultados, $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ (5,1); P (9,7 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), K (53,9 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), Ca (2,6 $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$); Mg (1 $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$); V% (45,83); CTC (8,16 $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$); Saturação por alumínio (0,00).

Os tratamentos foram constituídos por cinco espécies de plantas de cobertura: *Urochloa ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis*, *Raphanus sativus*, *Fagopyrum esculentum* e *Brassica napus* e o cultivo de girassol solteiro. O semeio das plantas de cobertura, a lanço ou em linha, foi realizado de forma manual, simultâneo ao do girassol de forma mecânica.

Foram realizados dois experimentos: o primeiro em consórcio nas entrelinhas de girassol e o segundo em consórcio a lanço. No consórcio nas entrelinhas, o girassol foi cultivado a 0,90m com a planta de cobertura na entrelinha, totalizando 22.222 plantas de girassol por hectare. Já no consórcio a lanço, o girassol foi cultivado a 0,45 m, totalizando 44.444 plantas de girassol por hectare.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições e as parcelas apresentaram 8 linhas com 5 metros de comprimento no espaçamento de 0,45m de entrelinhas, sendo considerado como área útil, as duas linhas centrais e excluiu-se 0,5m de ambas as extremidades.

Após a colheita da soja, a área foi deixada em pousio por aproximadamente 7 dias. Posteriormente a esse período ocorreu a dessecação da área com o herbicida glyphosate, na dose de 2 ha⁻¹. Em seguida foi realizada a semeadura do híbrido de girassol Olisun 3 (com alto teor de oleico), na densidade de 2 plantas/m (plantio em 8/3/2017), com adubação seguindo as recomendações de Souza & Lobato (2004) onde foram aplicados 2 kg.ha⁻¹ de boro granulado (ulexita), 100 kg.ha⁻¹ do formulado de 30-20-20 e 100 kg.ha⁻¹ de ureia (45% de N) em cobertura aos 20 dias após emergência (DAE).

Durante a condução do experimento foram necessárias três aplicações de fungicidas e inseticidas, onde foram aplicados os princípios ativos profenofós + lufenuron aos 22 dias após a semeadura (DAS), epoxiconazole + pyraclostrobina + 100 ml de óleo vegetal + espinetoram aos 35 e 45 DAS, trifloxistrobina + tebuconazol + 100 ml de flubendiamida+800 g de octaborato de sódio aos 55 DAS. As aplicações foram realizadas com o auxílio de um pulverizador costal, mantido por CO₂ pressurizado, ponta de pulverização de jato plano leque APG 110.02. O equipamento foi mantido a pressão constante de 2,0 kgf.cm⁻², a água foi empregada como diluente e calibrou-se para aplicação de 200 ha⁻¹ de volume de calda.

As amostras de solo para as análises microbiológicas foram coletadas durante o florescimento do girassol, nas entrelinhas das culturas, em profundidade de 0 - 0,10 m com auxílio do trado holandês. Foram coletadas 10 amostras simples que posteriormente constituíram uma composta por parcela, sendo armazenada em embalagens plásticas, previamente identificadas e acondicionados em caixas térmicas com gelo, em seguida, transportadas para o laboratório de microbiologia do IFMT - *Campus* Campo Novo do Parecis, onde seguiram para homogeneização e peneiramento, em malha de 2 mm, acondicionadas em câmara fria até a realização das análises microbiológicas, sendo estas realizadas em triplicatas.

A atividade da enzima β-glicosidase foi determinada pelo método proposto por Tabatabai (1994) e o carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) foi estimado pelo método fumigação-extração, proposto por Vance et al. (1987).

Foi determinada a massa seca total da palhada logo após a colheita do girassol (MSTC) e na pré-semeadura da soja (MSTP), sendo estas coletas realizadas com auxílio de quadro metálico de 0,50 x 0,50 m, onde retirou-se, manualmente, todo o volume de resíduos superficiais contidos na área interna deste, os quais foram acondicionados em sacos e papel tipo Kraft e levados a estufa aproximadamente 70°C até atingir peso constante e pesados em balança de precisão (0,01 g), posteriormente os dados foram transformados em kg.ha⁻¹ (NETO et al., 2008). Taxa permanência da palhada (TPP) dada em porcentagem, foi calculada pela relação entre MSTP e MSTC.

A temperatura do solo foi determinada com termômetro digital de sonda no florescimento do girassol (TF), na colheita do girassol (TC), 15 (DAC), 30 (T 30 DAC), 45 (T 45 DAC) e 60 dias após a colheita (T 60 DAC).

Foram determinadas as características vegetativas e produtivas da cultura do girassol: altura de planta (AP) medida da base do solo ao ápice da planta, em R_{5.5}, a qual foi determinada com trena graduada, o diâmetro de colmo (DC) estimado com paquímetro a cinco centímetros do solo (JONER et al., 2011), ambos no florescimento pleno do girassol, produtividade (P) obtida pela trilha dos capítulos presentes na área útil de cada parcela, e posteriormente transformada em kg.ha⁻¹ (13% de umidade) (BIESDORF et al., 2017), além dos teores de ácido oleico (HOSO) dos grãos determinado com auxílio do analisador NIR modelo spectastar em uma amostra pré-estabelecida pelo aparelho de 50 gramas, com resultados expressos em porcentagem (%).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software R (R Core Team, 2018), versão 3.5.0. Realizou-se a análise de variância por meio do teste F e, para verificar as pressuposições dessa, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para a normalidade dos resíduos, o teste Anscombe foi utilizado para homogeneidade dos resíduos e o teste Durbin-Watson para independência dos erros e, quando as pressuposições foram atendidas, foi realizado teste de Scott-Knott para comparação das médias. Foi realizado coeficiente de Pearson entre TC:MSTC e T60DAC:MSTP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cultivo de plantas de cobertura nas entrelinhas da cultura do girassol (consórcio) não afetou os teores de carbono da biomassa microbiana, a temperatura do solo no florescimento, o teor de ácido oleico, o diâmetro de colmo e a altura de

planta de girassol nos consórcios, enquanto que para os consórcios de girassol com as plantas de coberturas, semeadas a lanço, não foi observado efeito significativo sobre a atividade da β -glicosidase, carbono da biomassa microbiana (CBM), temperatura do solo no florescimento, a altura de planta, diâmetro de colmo, produtividade e teores de ácido oleico, ($p>0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de variância para β -glicosidase, carbono da biomassa microbiana (CBM), massa seca na colheita do girassol (MSTC), massa seca na pré semeadura da soja, temperatura no florescimento do girassol (TF), temperatura na colheita do girassol (TC), temperatura 15, 30, 34 e 60 dias após a colheita do girassol (T15 DAC, T30 DAC, T45 DAC, T60 DAC), altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), produtividade (P) e teores de ácido oleico (HOSO) em função dos consórcios de girassol com plantas de cobertura e girassol. Campo Novo do Parecis (2017)

Sistema de semeadura nas entrelinhas					
Variáveis	DF	SQ	QM	Pr>Fc	CV (%)
β -glicosidase*	5	216060	43212	0,00585**	30,31
CBM	5	49140	9828,0	0,42678ns	71,76
MSTC*	5	9262733	1852547	0,00000**	9,72
MSTP*	5	45732795	9146559	0,00000**	28,51
TPP*	5	23490,3	4698,1	0,000002	26,8
TF	5	0,8750	0,1750	0,56820ns	1,76
TC*	5	59,427	11,8854	0,000005**	2,57
T15DAC*	5	61,177	12,2354	0,00000**	2,07
T30DAC*	5	33,00	6,6000	0,00000**	1,53
T45DAC*	5	71,750	14,3500	0,00000**	1,18
T60DAC*	5	79,552	15,9104	0,00000**	1,39
AP	5	0,0655	0,0131	0,0619ns	4,09
DC	5	0,4309	0,0861	0,26150ns	6,65
P*	5	347905	69581	0,010433*	9,96
HOSO	5	20,228	4,0457	0,28340ns	2,01
Sistema de semeadura a lanço					
Variáveis	DF	SQ	QM	Pr>Fc	CV (%)
β -glicosidase	5	14537	2907,4	0,63677ns	23,02

CBM	5	29434	5886,7	0,77934ns	78,24
MSTC*	5	938871	187774	0,00374**	4,02
MSTP*	5	166695	3333908	0,00001**	32,23
TPP*	5	6111,9	1222,39	0,000008**	26,91
TF	5	0,7083	0.14167	0,89755ns	2,54
TC*	5	14,4271	2,88542	0,003181**	2,26
T15DAC*	5	19,4583	3,8917	0,001575**	2,47
T30DAC*	5	3,9271	0,78542	0,000508**	0,95
T45DAC*	5	13,9271	2,78542	0,00255**	1,9
T60DAC*	5	29,208	5,8417	0,00000**	1,46
AP	5	0,0117	0,00234	0,25348ns	2,3
DC	5	0,3280	0,06560	0,45174ns	7,09
P	5	325804	65161	0,31610ns	10,8
HOSO	5	28,195	5,6390	0,19770ns	2,18

**Significativos pelo teste de Scott-knott ($p < 0,05$).

Os consórcios estudados, independente do sistema de semeadura não influenciaram os níveis de CBM no solo, indicando assim não haver diferença entre os tratamentos para esta variável. Tal fato pode ter ocorrido por ser a biomassa da microbiota do solo um compartimento da matéria orgânica, sensível as mudanças nos fatores abióticos e bióticos. Estudos apontam que ao contrário dos adubos orgânicos, que incrementam a biomassa microbiana, os fertilizantes minerais utilizados, não aumentam o carbono e nitrogênio lábeis, os quais são estimulantes do CBM, assim como, quanto maior a diversidade vegetal e o tempo de avaliação, maior será a eficiência dos microorganismos em incorporá-los (PEREZ et al., 2004; GLAESER et al., 2010; GAMA-RODRIGUES et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2001; MCDANIEL et al., 2014), onde, o resultado obtido no presente trabalho pode ter sido em função do pouco tempo de estudo (produção de palhada) e a presença de altas temperaturas, que influenciam negativamente a atividade no solo (CHANTIGNY et al., 2000; MCDANIEL et al., 2014; CARVALHO et al., 2007; SILVA et al., 2004).

O fato das amostras de solo terem sido coletadas durante o período chuvoso com altas temperaturas (Figura 1) pode ter influenciado negativamente os resultados microbiológicos, uma vez que a mineralização é acelerada nessas condições. Apesar de não haver limitação de umidade, temperaturas próximas aos 40°C afetam a

biomassa microbiana, há queda de biodiversidade e dominância de algumas espécies, onde os resultados ainda indicaram que pode ter havido morte de micro organismos nessas condições (GAMA-RODRIGUES et al., 2005; PIÃO et al., 2000; ROBINSON et al., 2018; MAITLAND, 2014).

Os resultados obtidos mostraram que a estrutura das plantas de girassol (AP e DC) não foram influenciadas pelos consórcios em nenhum dos sistemas, indicando que a presença das plantas de cobertura nos consórcios não interferiu no desenvolvimento da cultura do girassol. BISCARO et al. (2008), apontara que as modificações de manejo podem refletir no diâmetro do colmo e estas podem ser utilizadas como parâmetro, pois o caule atua como base de sustentação e auxilia no aporte nutricional da planta. Resultado não observado na presente pesquisa onde os diferentes manejos proporcionados pelos consórcios não interferiram nestas características, assim o girassol pode ser cultivado simultaneamente com as plantas de coberturas, as quais além de proporcionar a obtenção de maior quantidade de palhada, manterão o potencial produtivo da cultura. Deve-se atentar na escolha de plantas de cobertura para o consórcio com o girassol para a possível competição, pois o mesmo possui um crescimento inicial lento, assim é necessário respeitar o período crítico de competição (PCC) do girassol, no entanto após 25-30 dias torna-se muito acelerado (BRIGHENTI et al., 2004).

Os consórcios entre culturas produtoras de grãos e plantas de cobertura semeadas a lanço vem se mostrando uma alternativa viável, podem não gerar, se respeitados os períodos críticos de competição, impactos para a produtividade e proporcionam melhorias no potencial de cobertura do solo, além de facilitar as operações a campo e diminuir custos para o produtor rural. O sistema de consórcio com plantas de cobertura já é empregado na cultura do milho, onde se obtém ótimos resultados de produtividade e palhada sobre o solo (ALMEIDA et al., 2017; CORREIA et al., 2011).

Não foi verificada diferença para os teores de ácido oleico, no entanto, destaca-se que o híbrido utilizado Olisun 3 é de alto teor de ácido oleico (HOSO) ou seja, tem uma concentração entre 75 a 90,7% de ácido oleico (MAPA, 2006). O fato de não haver diferença para os teores do mesmo, pode ser explicado pela influência de altas temperaturas e do clima seco (Figura 1) ocorridos durante o período de formação do óleo no enchimento dos aquênios (maio a julho), que afetam negativamente a atividade da enzima FAD2 dessaturase (Fatty acid desaturase 2) catalisadora da

dessaturação do ácido oleico para o linoleico (UNGARO et al., 1997; CHEESBROUGH, 1989). Esses resultados divergem de Silva & Nepomuceno (1991) os quais afirmam que a qualidade do óleo pode ser influenciada pelo manejo, no entanto, podendo ser explicados pelo pouco tempo de instalação dos consórcios, onde ainda não se teve mudanças significativas nas características do solo, como observado também para a atividade microbiana.

Os resultados com relação a qualidade do óleo produzido se assemelham ao verificados por Santos et al. (2016) os quais avaliaram consórcios entre girassol e *Urochloa* e também não constataram alteração na variável quando estudado o sistema a lanço. Assim, a vantagem do consórcio é que se tem a possibilidade de aumentar a produção de biomassa sem afetar o rendimento nas unidades esmagadoras e produtoras de óleo, aumenta assim a importância de estudos para se testar consórcios para a cultura do girassol.

Os consórcios não influenciaram a atividade da β -glicosidase no sistema a lanço, fato que pode ter ocorrido em função da menor produção de resíduos para o desenvolvimento da enzima nesse sistema, porém, foi verificado que as espécies de plantas de cobertura utilizadas nos consórcios nas entrelinhas de girassol influenciam a atividade dessa enzima, confirmando o efeito da quantidade de palhada produzida sobre esta enzima (Tabela 2).

Tabela 2 – Teores de β -glicosidase em função dos consórcios de girassol com plantas de cobertura semeadas nas entrelinhas. Campo Novo do Parecis (2017)

	β -glicosidase ($\mu\text{g p-nitrophenol g soil}^{-1} \text{h}^{-1}$)
Girassol solteiro	257,30 b
Girassol + <i>U. ruziziensis</i>	365,02 a
Girassol + <i>C. spectabilis</i>	204,03 b
Girassol + <i>F. esculentum</i>	261,48 b
Girassol + <i>R. sativus</i>	237,48 b
Girassol + <i>B. napus</i>	482,68 a
CV (%)	30,31

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância.

A inserção de *B. napus* e *U. ruziziensis* provocaram aumento significativo da atividade de enzima no solo, sendo que resultados semelhantes foram observados por Sttot et al. (2010) utilizando a *B. napus* e por Simon et al. (2017) com *U. ruziziensis*, onde estes verificaram o aumento nos teores da enzima com essas culturas. A β -glicosidase desempenha papel importante no solo, assim sua atividade

pode ser utilizada como indicador de qualidade de solo (TURNER et al., 2002; STTOT et al., 2010; ZAGO et al., 2016; MARTINEZ et al., 2007). O consórcio entre a cultura da *B. napus* e *U. ruziziensis* com girassol podem ter aumentado o aporte de substrato utilizado pela enzima β -glicosidase, uma vez que além da quantidade a qualidade do substrato, impacta na formação e manutenção da matéria orgânica (MO).

O entendimento da formação da matéria orgânica é limitado, porém sabe-se que a MO estável é formada a partir dos resíduos vegetais, pela microbiota do solo. É provável que os compostos produzidos ou transformados pela microbiota do solo (incluindo decompositores de lignina e celulose) contribuam mais para a formação da MO do que como a própria matéria física da palhada. Com a ação da microbiota a matéria seca sobre o solo não é perdida para a atmosfera na forma de CO₂ e sim transferida para a parte mineral do solo, influenciada pelas condições climáticas deste, contribuindo para a melhoria dos teores de MO. Este processo possui alta capacidade de estabilização do carbono, sendo utilizado de maneira eficiente pelos microorganismos (COTRUFO et al., 2015).

O emprego de culturas que aumentem ou melhorem a atividade da enzima β -glicosidase no solo é de suma importância para a formação e manutenção de matéria orgânica estável. Estudos de Benitez et al. (2016) corroboram com os dados da presente pesquisa, enfatizando a importância da palhada, que além da manutenção da temperatura e umidade do solo, proporcionam efeitos positivos sobre a microbiota, incluindo a atividade da enzima β -glicosidase.

Estudos de Zhang et al. (2011) permitiram verificar que a atividade da enzima é extremamente sensível a umidade, assim sua habilidade catalítica é vulnerável ao regime de água do solo, quando prejudicada há redução do suprimento de nutrientes às plantas (ADETUNJI et al., 2017) e conseqüentemente perdas agrícolas. Diante disso, culturas de coberturas do gênero *Urochloa* vem a contribuir para os sistemas de cultivo, porque além da grande quantidade de massa seca fornecida ao solo, auxiliam na manutenção da umidade deste e melhoram a atividade da enzima no solo (ROSSI et al., 2013).

Os consórcios avaliados influenciaram significativamente na produção de massa seca de resíduos no solo em ambos os experimentos (Tabela 3).

Tabela 3 – Massa seca total dos resíduos na colheita do girassol (MSTC) e pré-semeadura da soja (MSTP) em função dos consórcios de girassol com plantas de cobertura. Campo Novo do Parecis (2017)

	Sistema de semeadura nas entrelinhas	
	MSTC (kg ha ⁻¹)	MSTP (kg ha ⁻¹)
Girassol solteiro	2147,5 c	429,0 c
Girassol + <i>U. ruziziensis</i>	3945,0 a	4655,0 a
Girassol + <i>C. spectabilis</i>	3577,5 a	1785,0 b
Girassol + <i>F. esculentum</i>	2712,5 b	1016,5 c
Girassol + <i>R. sativus</i>	2597,5 b	1492,5 b
Girassol + <i>B. napus</i>	2620,0 b	944,5 c
CV (%)	9,72	28,51
	Sistema de semeadura a lanço	
	MSTC (kg ha ⁻¹)	MSTP (kg ha ⁻¹)
Girassol solteiro	4295,00 b	860,0 b
Girassol + <i>U. ruziziensis</i>	4915,00 a	3245,0 a
Girassol + <i>C. spectabilis</i>	4442,50 b	1267,5 b
Girassol + <i>F. esculentum</i>	4522,50 b	1042,5 b
Girassol + <i>R. sativus</i>	4390,00 b	1220,0 b
Girassol + <i>B. napus</i>	4432,50 b	856,5 b
CV (%)	4,02	32,23

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância.

Com relação a MSTC, quando cultivados nas entrelinhas (Tabela 3), os consórcios com *U. ruziziensis* e *C. spectabilis* apresentaram as maiores quantidades de massa seca. Já para a MSTP o consórcio com *U. ruziziensis* apresentou a maior média, produzindo 710 kg ha⁻¹ a mais de massa seca no intervalo entre a colheita do girassol até a pré-semeadura da soja, ficando demonstrado que ocorreu o desenvolvimento da *U. ruziziensis* no período de baixa precipitação (Figura 1), enquanto as demais coberturas não apresentaram este comportamento. Fica evidente também que o girassol solteiro proporciona menor produção de palhada ao solo em relação aos consórcios, independente do sistema de cultivo.

Para o cultivo a lanço (Tabela 3), o consorcio com *U. ruziziensis* foi superior nas duas avaliações (MSTC e MSTP), evidenciando novamente o potencial deste para a produção de palhada e contribuição para manutenção e/ou aumento dos teores de MO do solo.

O fato das produções de fitomassa dos consórcios a lanço, a exceção da *U. ruziziensis* para MSTC e MSTP terem sido semelhantes ao girassol solteiro, são decorrentes ao desenvolvimento inicial lento dessas plantas de cobertura em relação ao girassol, que exerce efeito de sombreamento dificultando o desenvolvimento das

culturas e também ao fato do não desenvolvimento destas no período da seca, sendo estes resultados semelhante aos observados por Santos et al. (2016).

Reforçando os resultados obtidos no presente trabalho, Souza et al. (2015) e Cruvinel et al. (2017) também verificaram melhores resultados para a associação entre a *U. ruziziensis* e girassol, demonstrando ser este consórcio ser uma alternativa viável, produzindo maior quantidade de matéria seca, proporcionando assim melhor cobertura ao solo e diminuindo a temperatura do solo, sem influenciar na produtividade de aquênios e possibilitando, ainda, a integração lavoura pecuária.

A cultura da *B. napus* possui desenvolvimento inicial lento e não é adaptada ao clima tropical observado no local do estudo, assim, os resultados de produção de massa na colheita do girassol no consórcio em entrelinhas com *B. napus* (Tabela 3) foram semelhantes aos obtidos por Ribeiro et al. (2017), onde estes verificaram baixa produção de massa seca para esta planta de cobertura, confirmando sua baixa eficiência em condições de clima tropical.

Destaca-se que a manutenção da palhada até o cultivo da sucessora gera ganhos agrônômicos, por ser capaz de modificar os regimes térmicos do solo, uma vez que há troca de energia entre as camadas superficiais do solo com a atmosfera, assim quanto maior a incidência de raios solares diretamente sobre ele, maiores serão as trocas energéticas, o que impacta na germinação de sementes, desenvolvimento radicular e das plântulas, além das reações químicas de liberação de nutrientes (GASPARIN et al., 2005; BELAN et al. 2013).

Um exemplo da importância da manutenção ou aumento de palhada sobre o solo está no fato de que isso contribui para o incremento de formas mais lábeis de fósforo, pois os ácidos orgânicos oriundos da decomposição da MO bloqueiam sítios de adsorção por recobrimento dos óxidos de ferro e alumínio (ZAMUNER et al., 2008). Ainda, segundo Borkert et al. (2003) o cultivo de plantas de cobertura favorece o acúmulo de MO nos solos e aumenta a eficiência da ciclagem dos nutrientes e isto é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas produtivos e, no caso do fósforo, ficam disponíveis para o crescimento das culturas, após o cultivo da planta de cobertura cerca de 77 e 79% do total do nutriente nas folhas e raízes mortas, respectivamente.

Por ser um país de clima tropical e comumente caracterizado por solos descobertos, a oscilação térmica verificada através de estudos é alta, prejudicando a dinâmica do solo e as culturas presentes. A amplitude térmica diminui quando

implantadas plantas de cobertura, assim há aumento de temperatura no perfil mais lentamente, favorecendo o sistema (BELAN et al., 2013) e colaborando para diminuir a velocidade de decomposição dos resíduos.

Houve diferença na taxa de permanência da palhada em ambos os sistemas de cultivo e para os diferentes consórcios (Tabela 4).

Tabela 4 – Taxa de permanência de palhada sob consórcios de girassol (TPP). Campo Novo do Parecis (2017)

	Entrelinhas	Lanço
Girassol solteiro	19,97 c	20,02 b
Girassol + <i>U. ruziziensis</i>	118,14 a	65,53 a
Girassol + <i>C. spectabilis</i>	50,17 b	28,54 b
Girassol + <i>F. esculentum</i>	37,67 c	23,06 b
Girassol + <i>R. sativus</i>	57,17 b	27,80 b
Girassol + <i>B. napus</i>	36,30 c	19,33 b
CV (%)	26,80	26,91

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância.

A taxa de permanência da palhada para cultivo solteiro do girassol, foi de 19,97 e 20,02%, respectivamente, para o cultivo nas entrelinhas e a lanço, indicando baixa permanência desta. Confirmando o presente resultado, Lyon (1998) analisou fitomassa da cultura do girassol em Sidney – Estados Unidos e afirmou que a cobertura de solo passou de 39% (colheita) para 4% (pré-semeadura da sucessora), apresentando alta decomposição e proporcionando reduzida cobertura de solo, e este autor ainda pontua que a baixa cobertura proporcionada pela cultura se dá devido aos seus resíduos serem constituídos apenas de hastes e restos de capítulos com baixa relação C/N.

Os resultados enfatizam que o consórcio com *Urochloa ruziziensis* é a melhor opção para a região central do Brasil, independente do sistema de cultivo, ocorre uma maior produção de massa para a cobertura de solo. Quando cultivada a lanço o consorcio com *U. ruziziensis* manteve 65,53% da palhada sobre o solo e quando cultivada nas entrelinhas proporcionou incremento, apresentando 118,14% de Taxa de Permanência entre a colheita do girassol e pré-semeadura da cultura sucessora, podendo assim, ser recomendada para agricultores que possuem o sistema lavoura pecuária, pois ocorreu o desenvolvimento vegetativo da mesma no período de seca (Figura 1).

Como segunda opção para promoção e permanência de palhada no solo pode-se utilizar os consórcios com *C. spectabilis* e *R. sativus*. A *C. spectabilis* possui raiz pivotante profunda auxiliando na descompactação do solo e extração de nutrientes, além da adaptação as condições edafoclimáticas, bom potencial de cobertura de solo e fixação biológica de nitrogênio (MATEUS & WUTKE, 2006).

Enquanto que o *R. sativus* destaca-se quanto ao acúmulo de massa seca das raízes e densidade de comprimento radicular, auxiliando na extensão de bioporos após a decomposição das raízes, além de apresentar bom acúmulo de matéria seca da parte aérea, desde o início do ciclo de desenvolvimento, pela precocidade e arquitetura das plantas, com folhas largas e decumbentes, além do acúmulo e rápida disponibilização de nutrientes para a cultura sucessora (MÜLLER et al., 2001; JUNIOR et al., 2004; VIOLA et al., 2013; HEINZ et al., 2011). A temperatura do solo foi influenciada pelas espécies de plantas de cobertura cultivadas em consórcios em ambos os sistemas de cultivo (Tabela 5).

Tabela 5 – Temperatura do solo (°C), na colheita (TC), 15, 30, 45 e 60 dias após a colheita em função dos consórcios de girassol com plantas de cobertura. Campo Novo do Parecis (2017)

	Sistema de semeadura nas entrelinhas				
	TC	T15DAC	T30DAC	T45DAC	T60DAC
Girassol solteiro	31,63 a	30,63 a	31,88 a	35,75 a	34,88 a
Girassol + <i>U. ruziziensis</i>	27,00 b	26,50 b	28,50 d	31,13 d	30,63 c
Girassol + <i>C. spectabilis</i>	30,88 a	30,63 a	29,38 c	32,13 c	31,88 b
Girassol + <i>F. esculentum</i>	31,25 a	31,25 a	31,25 b	34,75 b	35,13 a
Girassol + <i>R. sativus</i>	31,00 a	30,38 a	31,13 b	35,13 b	35,00 a
Girassol + <i>B. napus</i>	31,13 a	30,75 a	30,88 b	35,13 b	35,13 a
CV (%)	2,57	2,07	1,53	1,18	1,39
	Sistema de semeadura a lanço				
	TC	T15DAC	T30DAC	T45DAC	T60DAC
Girassol solteiro	31,63 a	30,63 a	31,88 a	35,75 a	34,88 a
Girassol + <i>U. ruziziensis</i>	29,25 b	28,50 b	31,25 b	33,50 b	32,00 b
Girassol + <i>C. spectabilis</i>	30,63 a	30,63 a	32,00 a	35,13 a	35,13 a
Girassol + <i>F. esculentum</i>	30,88 b	31,13 a	31,25 b	35,63 a	35,88 a
Girassol + <i>R. sativus</i>	31,50 b	31,13 a	31,13 a	35,38 a	35,00 a
Girassol + <i>B. napus</i>	30,75 a	30,75 a	31,13 b	35,50 a	34,88 a
CV (%)	2,26	2,47	0,95	1,90	1,46

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância.

Os consórcios influenciaram a temperatura do solo na colheita (TC) e em todo o período de entressafra (T15DAC a T60DAC). O consórcio com *U. ruziziensis* foi o

que mais se destacou em todas as avaliações da temperatura do solo, independente do sistema de cultivo. Os dados obtidos para temperatura, estão condizentes com trabalhos de Torres et al. (2006) que relatam resultados semelhantes em área de Cerrado, nos meses de abril e julho, períodos que coincidem com o florescimento e pré-colheita do girassol, neste sistema de produção.

O aumento da temperatura do solo durante o período do estudo está associado a ausência de precipitação (Figura 1) entre a colheita do girassol e o pré-semeadura da soja. Estudos de Bortoluzzi & Eltz (2000) apresentam resultados semelhantes para os intervalos sem chuvas e temperaturas elevadas para os tratamentos com pouca ou nenhuma palhada.

A *U. ruziziensis* foi a planta de cobertura que proporcionou e manteve maior cobertura do solo entre o período de colheita do girassol (julho) e pré-semeadura da soja (outubro), e isso influenciou a temperatura de solo, mantendo sempre os menores valores na maioria das avaliações. Diante disso, podemos enfatizar a importância da cobertura do solo, uma vez que o tipo de cobertura influencia na temperatura do solo, onde a diferença de temperatura entre o solo coberto e descoberto pode ser de até 10°C durante o dia, pois sob cobertura vegetal a absorção de ondas curtas e a troca de calor com a atmosfera são menores, minimizando a oscilação de temperatura (WEBLER et al., 2016; MENESES, et al., 2016).

Ao analisar a correlação entre a temperatura do ar (Figura 1) e a temperatura do solo (Tabela 3) para o período estudado, podemos verificar que a mesma ocorreu entre TC:MSTC de $r = -0,0648$ e T60DAC:MSTP de $r = -0,793$ pelo teste de Pearson quando cultivadas as culturas de cobertura nas entrelinhas e TC:MSTC de $r = -0,596$ e T60DAC:MSTP de $r = -0,840$ quando consorciadas a lanço. Indicando que quanto menor a massa de proteção do solo, maior será a temperatura, o que contribui para diminuir a diversidade microbiana no solo e aumentar a velocidade de decomposição da matéria orgânica (PIÃO et al., 2000; ROBINSON et al., 2018).

A produtividade da cultura do girassol foi influenciada pelas coberturas quando cultivadas nas entrelinhas conforme pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 –Produtividade da cultura do girassol (P) em função dos consórcios de girassol com plantas de cobertura semeadas nas entrelinhas. Campo Novo do Parecis (2017)

	P (kg ha ⁻¹)
Girassol solteiro	1048,79 b
Girassol + <i>U. ruziziensis</i>	1327,16 a
Girassol + <i>C. spectabilis</i>	1384,17 a
Girassol + <i>F. esculentum</i>	1315,57 a
Girassol + <i>R. sativus</i>	1120,29 b
Girassol + <i>B. napus</i>	1288,14 a
CV (%)	9,96

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância.

O consórcio com *C. spectabilis*, *U. ruziziensis*, *Fagopyrum esculentum* , e *Brassica napus* tiveram as maiores produtividade e não diferiram entre si, mostrando produções maiores de girassol que em cultivo solteiro ou no consórcio com *Raphanus sativus* Maiores produtividades da cultura do girassol em consórcios, também foram observados por Oliveira et a (2011), divergindo da suposição de que as interações entre plantas diminuem a produção de aquênios por competição (PINTO et al., 2013; RODRIGUES et al., 2014; LOPEZ et al., 2001).

Trabalhos de Souza et a. (2015) indicam que o espaçamento 0,90m é benéfico para as características vegetativas do girassol em consórcio com *U. ruziziensis*, pois diminuem a competição por recursos, proporcionando diâmetro de capítulo e quantidade de aquênios maiores, porém não promovem maior produtividade quando comparado ao espaçamento de 0,45m.

O consórcio de girassol com culturas de cobertura é uma alternativa promissora para o Brasil central, uma vez que as culturas servem como cobertura de solo no período de escassez de pluviosidade de maio a setembro. De maneira geral, observa-se que a *U. ruziziensis*, como planta de cobertura, apresenta características desejáveis para o cultivo em consórcio, melhora a atividade da enzima β -glicosidase no solo, proporciona menor temperatura do solo nos períodos avaliados, sem influenciar no desenvolvimento das plantas de girassol, não interfere na qualidade do óleo, e ainda, proporciona incremento de massa dos resíduos entre colheita do girassol e pré-semeadura da cultura sucessora, além de possibilitar a integração lavoura-pecuária.

CONCLUSÕES

1. A atividade da enzima β -glicosidase destacou-se no consorcio com *B. napus* L e *U. ruzizensis*, quando cultivados nas entrelinhas, mostrando que tais culturas agregam para a formação de matéria orgânica estável por meio da enzima estudada.
2. O carbono da biomassa microbiana não foi influenciado pelos consórcios nos sistemas de cultivo.
3. A produtividade de girassol foi maior nos consórcios com *C. spectabilis*, *U. ruzizensis*, *F. esculentum*, e *B. napus* quando avaliado o sistema nas entrelinhas, não havendo diferença no consórcio a lanço.
4. O consórcio com *U. ruzizensis* aumentou a massa seca dos resíduos no solo e reduziu a temperatura do solo, em ambos os sistemas de cultivo, sendo uma alternativa viável, além de promover benefícios para o sistema produtivo quando o objetivo é palhada para proteção do solo e manutenção da temperatura.
5. A taxa de permanência da palhada foi maior no consórcio com *U. ruzizensis* independente do sistema de cultivo.

AGRADECIMENTOS

Ao IFMT pela parceria na realização do trabalho no campo experimental e análises laboratoriais.

A Celena Alimentos pelo suporte na realização do trabalho a campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adetunji, A.T.; Lewu, F.B.; Mulidzi, R.; Ncube, B. The biological activities of β -glucosidase, phosphatase and urease as soil quality indicators: a review, *Journal Soil Science Plant Nutrition*, v.17, n.3, 2017.

Almeida, R.E.M.; Gomes, C.M.; Lago, B.C.; Oliveira, S.M.; Pierozan Jr, C.; Favarin, J.L.; Costa, R.V. Métodos de implantação do consórcio entre milho e cultivares de *Panicum* spp. para sistemas de integração lavoura-pecuária. Empresa Brasileira de

Pesquisa Agropecuária, Embrapa Pesca e Aquicultura, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 33p., 2017.

Belan, L.L.; Xavier, T.M.T.; Torres, H.; Toledo, J.V.; Pezzopane, J.E.M. Dinâmica entre temperaturas do ar e do solo sob duas condições de cobertura, *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, v.11, p.147-S154, 2013.

Benitez, E.; Nogales, R.; Doni, S.; Masciandaro, G.; Moreno, B. Biochemically active humic substances in contrasting agricultural managements, *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 14, n.3, 2016.

Biesdorf, E.M.; Biesdorf, E.M.; Teixeira, M.F.F.; Silva, E.B.A.; Costa, E.J.O.; Hendges, J.H.; Coelho, L.C. Avaliação de Genótipos de Girassol (*Helianthus annuus* L.) para o Estado de Mato Grosso, Brasil, *Revista Espacios*, v. 38, n.27, p.22, 2017.

Biscaro, G. A.; Machado, J. R.; Tosta, M. S.; Mendonça, V.; Soratto, R. P.; Carvalho, L. A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 05, p. 1366-1373, 2008.

Borkert, C.M.; Gaudêncio, C. De A.; Pereira, J.E.; Pereira, L.R.; Oliveira Junior, A. de. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.143-153, 2003.

Bortoluzzi, E.C. & Eltz, F.L.F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 449 – 457, 2000.

Brady, N.C. & Weil, R.R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3ª ed., Editora Bookman, 2013. Cap.1, p.1-29.

Brighenti, A. M.; Castro, C.; Oliveira Junior, R. S.; Scapim, C. A.; Voll, E.; Gazziero, D. L. P. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. *Planta Daninha*, v. 22, n. 2, p. 251-257, 2004.

Carvalho, M.A.C.; Soratto, R.P.; Alves, M.C.; Arf, O.; Sá M.E. Plantas de cobertura, sucessão de culturas e manejo do solo em feijoeiro. *Revista Bragantia*, Campinas-SP, v.66, n.4, p.659-668, 2007.

Chantigny, M.H.; Angers, D.A.; Beauchamp, C.J. Active carbon pools and enzyme activities in soils amended with de-inking paper sludge. *Can. J. Soil Sci.*, 80:99-105, 2000.

Cheesbrough, T. M. Changes in the enzymes for fatty acid synthesis and desaturation during acclimation of developing soybean seeds to altered growth temperature. *Plant physiology*, v. 90, n.2, p.760-764, 1989.

Cotrufo, M.F.; Soong, J.L.; Horton, A.J. Campbell, E.E.; Haddix, M.L.; Wall, D.H.; Parton, W.J. Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss, *Nature geoscience*, Colorado State University, v.8, n.10, p.776-779, 2015.

Correia, N.M.; Leite, M.B.; Daniel, B. Efeito do consórcio de milho com *Panicum maximum* na comunidade infestante e na cultura da soja em rotação. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 545-555, 2011.

Cruvinel, W.S.; Costa, K.A.P.; Silva, A.G.; Severiano, E.C.; Ribeiro, M.G. Intercropping of sunflower with *Brachiaria brizantha* cultivars during two sowing seasons in the interim harvest. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 38, n. 5, p. 3173-3192, 2017.

Gasparin, E.; Ricieri, R.P.; Silva, S.L.; Dallacort, R.; Gnoatto, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. *Acta Scientiarum*, v.27, n. 1, p. 07-115, 2005.

Gama-Rodrigues, E.F; Barros, N.F.; Gama-Rodrigues, A.C.; Santos, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, p.893-901, 2005.

Glaeser, D.F.; Mercante, F.M.; Alves, M.A.M.; Silva, R.F.; Kamori O.M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. *Ensaio e Ciência: Ciências biológicas, agrárias e da saúde*, v.14, n.2, p.103-114, 2010.

Heinz, R.; Garbiate, M.V.; Viegas Neto, M.V.; Mota, A.L.S., Correia, L.H.P.; Allan, M.; Vitorino, A.C.T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. *Ciência Rural*, Santa Maria-RS, v.41, n.9, p. 1549-1555, 2011.

Joner, G.; Metz, P.A.M.; Arboitte, M.Z.; Pizzuti, L.A.D.; Brondani, I.L.; Restle, J. Aspectos agronômicos e produtivos dos híbridos de girassol (*Helianthus annuus* L.) Helio 251 e Helio 360, *Revista Ciência Animal Brasileira*, v.12, n.2, 2011.

Junior, A.A.B.; Backes, R.L.; Tôrres, A.N.L. Desempenho de plantas invernais na produção de massa e cobertura do solo sob cultivos isolado e em consórcios. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages-SC, v3, n1, p.38-42, 2004.

Leite, R.M.V.B.C.; Brighenti, A.M.; Castro, C. Girassol no Brasil. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional do Pesquisa de Soja – CNPSo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Londrina-PR, 2005.

Lopez, J.; Baldini, M.; Quagliotti, L.; Olivieri, A.M. Intercropping Sunflower And Maize In Mozambique, *Helia*, 24, Nr. 35, P.P. 1-10, 2001.

Lyon, D.J. Sunflower residue weight and ground cover loss during summer fallow. Conservation Measures, Soil and Water Conservation Society, All rights reserved, *Journal of Soil and Water Conservation*, p.71-73, 1998.

Maitland, K. Soil temperature impact of stubble critical for soil and plant health, *Santfa the cutting edge*, p.50-51, 2014.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anexo I - Instrução normativa 49/2006. Legislação Brasileira. 2006.

Martinez, V. A.; Cruz, L.; Ramírez, D.S.; Alegría, L.P. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. *Applied Soil Ecology*, v. 35, p. 35–45, 2007.

Mateus, G.P.; Wutke, E.B. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. *Pesquisa e Tecnologia*, v. 3, n.1, 2006.

McDaniel, M.D.; Tiemann, L.K.; Grandy, A.S. Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecological Applications*, v.24, n.3, p.560–570, 2014.

Meneses, N.B.; Moreira, M.A.; Souza, I.M.; Bianchini, F.G. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo, *Revista Agroambiente*, v.10, n.2, p.123 - 129, 2016.

Moreira, M.L.C & Vasconcelos T.N.N. Mato Grosso: Solos e Paisagens. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral (Seplan), 2007. 272p.

Müller, M. M. L.; Ceccon, G.; Rosolem, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, v. 25, n.3, p.531-53, 2001.

Neto H.B.; Filho R.V.; Filho F.A.A.M.; Menezes G.M.; Canali E. Estado nutricional e produção de laranjeira 'Pêra' em função da vegetação intercalar e cobertura morta, *Pesquisa Agropecuária brasileira*, v.43, n.1, 2008.

Oliveira, I.R.; Carvalho, H.W.L.; Castro, C.R.; Rodrigues, C.S.; Menezes, V.M.M.; Carvalho, L.M.; Carvalho, C.G.P. Rendimento de aquênios de girassol quando em consórcio com feijão no alto sertão de Sergipe. *ANAIS: 19ª Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol/7º Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol - Aracaju/SE*, p. 229-232, 2011.

Oliveira, J.R.A.; Mendes I.C.; Vivaldi, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-

incubação e fumigação-extração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p.863-871, 2001.

Perez, K.S.S.; Ramos, M.L.G.; McManus, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília-DF, v.39, n.6, 2004.

Piã, H.C; Hong, Y.T.; Yuan, Z.Y. Seasonal changes of microbial biomass carbon related to climatic factors in soils from Karst areas of southwest China. *Biology and Fertility of Soils*. n.30, p.294-297, 2000.

Pinto, C.M.; Pitombeira, J.B.; Souza, A.S.; Neto, F.C.V.; Távora, F.J.A.F.; Bezerra, A.M.E. Configuração de fileira no consórcio mamona x girassol: Produtividade e seus componentes, *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.8, n.1, p.33-41, 2013.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ribeiro, R.H.; Besen, L.M.R.; Figueroa, T.V.; Bogo, E.B.; Ronsani, S.C.; Piva, C.A.G.; Piva, J.T. Efeito da adubação nitrogenada na cobertura do solo e produção de fitomassa de espécies de inverno. *Revista Varia Scientia Agrárias*, v. 4, n.1, p. 41-53, 2017.

Robinson, S.L.; Mclaughlin, O.B.; Marteinsdóttir, B.; O'gorman, E.J. Soil temperature effects on the structure and diversity of plant and invertebrate communities in a natural warming experiment, *Journal of Animal Ecology*, p.634-646, 2018.

Rodrigues, C.F.; Bezerra, A.R.; Pitombeira, J.B.; Carvalho, C.M.; Silva, L.L.; Feitosa, S.O. Sistema de consórcio do girassol, feijão-de-corda e amendoim em séries de substituição. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza – CE, v.8, n.3, p.256 – 269, 2014.

Rossi, C.Q.; Pereira, M.G.; Giácomo, S.G.; Betta, M.; Polidoro, J.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano, *Semina: Ciências Agrárias*, v.34, n.4, p.1523-1534, 2013.

Santos, C.B.; Costa, K.A.P.; Oliveira, I.P.; Severiano, E.C.; Costa, R.R.G.F.; Silva, A.G.; Guarnieri, A.; Silva, J.T. Production and nutritional characteristics of sunflowers and paiaguas palisadegrass under diferente forage systems in the off season. *Bioscience Journal*, v.32. n.2, p. 460-47, 2016.

Silva Jr, R.S.; Moura, M.A.L.; Meixner, F.X.; Kormann, R.; Lyra,, R.F.F.; Nascimento Filho, M.F. Estudo da concentração do CO₂ atmosférico em área de pastagem na região amazônica, *Revista Brasileira de Geofísica*, v.22, n.3, 2004.

Silva P.R.F. & Nepomuceno A.L. Efeito do arranjo de plantas no rendimento de grãos, comportamento do rendimento, teor de óleo e no controle de plantas daninhas em girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, n. 9, p.1503-1508, 1991.

Simon, C.A.; Cordeiro, M.S.; Lima, S.F.; Brasil, M.S.; David, C.H.; Secco, V.A. Microbial activity in a soil with cover crops in succession with maize in a no-tillage system. *Brazilian Journal of Agriculture*, v.92, n.2, p.198 – 207, 2017.

Sttot, D.E.; Andrews S.S.; Liebig M.A.; Wienhold, B.J.; Karlen, D.L. Evaluation of β -glucosidase activity as a soil quality indicator for the soil management assessment framework. *Publications from USDA-ARS / UNL Faculty*, v. 74, n. 1, 2010.

Souza, D. M. G. & Lobato, E. Cerrado: correção do solo e adubação. *Embrapa Informação Tecnológica*. 2004, p.129-145.

Souza, F.R.; Silva, I.M.; Pellin, M.P.; Bergamin, A.C.; Silva, R.P. Características agrônômicas do cultivo de girassol consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. *Revista Ciência Agrônômica*, v.46, n 1, p.110-116, 2015.

Tabatabai, M.A. Soil enzymes. In: Weaver, R.W.; Scott, A. & Bottomeley, P.J., eds. Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.778-835. (Special Publication, 5).

Torres, J.L.R.; Fabian, A.J.; Pereira, M.G.; Andrioli, I. Influência de plantas de cobertura na temperatura e umidade do solo na rotação milho-soja em plantio direto. Revista Brasileira de Agrociência, v. 12, n. 1, p.107-113, 2006.

Turner, B.L.; Hopkins, D.W., Haygarth, P.M.; Ostle, N. β -Glucosidase activity in pasture soils. Applied Soil Ecology, v. 20, p. 157–162, 2002.

Ungaro, M. R. G.; Sentelhas, P. C.; Turrati, J. M.; Soave, D. Influência da temperatura do ar na composição de aquênios de girassol. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 32, n. 4, p. 351-356, 1997.

Vance, E. D.; Brookes, P. C.; Jenkinson, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology and Biochemistry, v. 19, p. 703-707, 1987.

Vianello R.L.; Alves A.R. Meteorologia básica e aplicações. 1ª ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 449p.

Viola, R.; Benin, G.; Cassol, L.C.; Pinnow, C.; Flores, M.F.; Ornhofen, E. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Revista Bragantia, Pato Branco-PR, v. 72, n. 1, p.90-100, 2013.

Webler, G.; Roberti, D.R.; Diaz, M.B.; Teischrieb, C.A.; Zwirtes, A.L.; Reinert, D.J. Efeitos de uma camada de palha no comportamento térmico do solo, Ciência e Natura, v. 38, p. 7-10, 2016.

Zamuner, E.C.; Picone, L.I.; Echeverria, H.E. Organic and inorganic phosphorus in Mollisol soil under different tillage practices. Soil and Tillage Research, v.99, p.131-138, 2008.

Zago, L.M.S.; Oliveira, R.N.; Bombonato, A.K.G.; Moreira, L.M.O.; Melo, E.N.P.; Caramori, S.S. Enzimas Extracelulares de Solos de Cerrado como Bioindicadores de Qualidade em Áreas Agricultáveis em Goiás, Brasil. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v.5. n.1, p.104-127, 2016.

Zhang, Y., Chen, L., Wu, Z., Sun, C. Kinetic parameters of soil β -glucosidase response to environmental temperature and moisture regimes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 35, n. 4, p. 1285-1291, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A monocultura da soja vem diminuindo o potencial agrícola e ocasionado impactos irreversíveis a longo prazo em decorrência de impactos sobre o solo, podendo prejudicar a sustentabilidade agrícola, diante dessa importância a comunidade acadêmica vem por meio de estudos mostrando aos produtores rurais a necessidade da sucessão de cultivos e sistemas de consórcios em 2ª safra, uma vez que a área de cultivo de soja em primeira safra é expressiva e sua rentabilidade gera impasse para a rotação de culturas.

Diante da importância agrícola na economia do país e da importância da criação de sistemas sustentáveis de produção, a comunidade científica tem a obrigação de dar continuidade a estudos de interação de culturas e sistemas de alternância de espécies que melhorem as condições químicas, físicas e microbiológicas do solo, minimizando impactos já gerados ao solo.