



“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira

Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Especialidade: Sistemas de Produção

Jefferson Luis Anselmo

Engenheiro Agrônomo M.Sc.

**PLANTAS DE COBERTURA NO DESENVOLVIMENTO E
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA E MILHO NA
REGIÃO DO CERRADO**

Ilha Solteira - SP

2015

Jefferson Luis Anselmo

Engenheiro Agrônomo M.Sc

**PLANTAS DE COBERTURA NO DESENVOLVIMENTO E
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA E MILHO NA
REGIÃO DO CERRADO**

Prof. Dr. Edson Lazarini

Orientador

Prof. Dr. Aguinaldo José Freitas Leal

Co-orientador

Tese apresentada à Unesp – Campus de Ilha Solteira, como parte do requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção.

Ilha Solteira -SP

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

A618p Anselmo, Jefferson Luis.
Plantas de cobertura no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja e milho na Região do Cerrado / Jefferson Luis Anselmo. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015
60 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistema de Produção, 2015

Orientador: Edson Lazarini

Co-orientador: Aguinaldo José Freitas Leal

Inclui bibliografia

1. *Zea Mays* L. . 2. *Glycine Max* L. (Merril). 3. Macronutrientes. 4. Plantio direto.

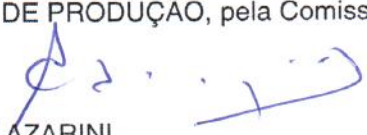
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Plantas de cobertura no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja e milho na região do cerrado

AUTOR: JEFFERSON LUÍS ANSELMO

ORIENTADOR: Prof. Dr. EDSON LAZARINI

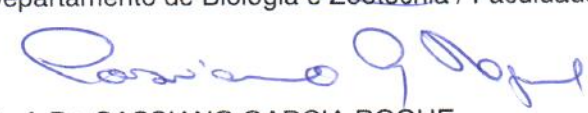
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDSON LAZARINI

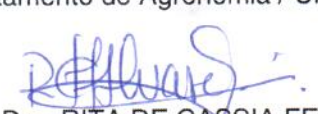
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. JOAO ANTONIO DA COSTA ANDRADE

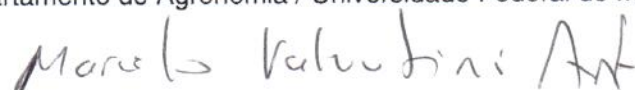
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. CASSIANO GARCIA ROQUE

Departamento de Agronomia / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul


Profa. Dra. RITA DE CASSIA FELIX ALVAREZ

Departamento de Agronomia / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul


Prof. Dr. MARCELO VALENTINI ARF

Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão

Data da realização: 28 de agosto de 2015.

Dedico,

*Aos meus pais **Luiz Antonio Anselmo e Teresinha Cecília Medeiros Anselmo** pela educação e carinho depositada em todos os dias da minha vida, como também toda minha família.*

*A minha esposa **Fernanda Mari Kurokawa** aos meus filhos **Raul Kurokawa Anselmo, Lucas Kurokawa Araujo Gouvea e sua família** pela paciência, acolhimento em vossa casa, amor e carinho a mim prestado.*

A Deus pelo amor e força concedidos em meu coração em todos os anos de estudo.

Muito Obrigado!!!

Agradeço,

Ao professor Dr. Edson Lazarini pela orientação e amizade em toda minha vida acadêmica.

Aos professores do programa de pós graduação em agronomia que sempre nos foram muito atenciosos e prestativos e que além do conhecimento técnico, nos passaram experiência de vida e nos deram a prazerosa oportunidade de desfrutar de suas amizades.

Ao professor Dr. Aguinaldo Freitas Leal pela co-orientação e amizade em todos esses anos de convivência.

A todos os professores da UFMS de Chapadão do Sul/MS que me auxiliaram neste projeto.

Ao Dr. Marcelo Valentini Arf que se tornou amigo e companheiro profissional na caminhada dessa vida.

A todos os amigos da Fundação Chapadão que me apoiaram na execução do projeto: Thiago Zago Leonel, Rafael Gonçalves Vilela, Bartolomeu Geraldo Melo Andrade, Germison Vital Tomquelski, Alfredo Riciere Dias, André Bartolomeu Piesanti, Edson Pereira Borges, Alexandra Botelho Lima Abreu, Denízio Cardoso da Silva, Juliano Antonio Rodrigues de Oliveira, Alex Damião Menezes de Oliveira, Dailson Bottari, José Aparecido Rodrigues Silva, Renato Assis de Moraes, Paulo César P. Silva, Rhuan Santos Monson, Aparecida Cristina dos Santos, Clair Francisco Degani, Claudinei Viana Pereira, Claudemir Theodoro, Edvan da Silva Teixeira Jorge e outros que passaram por lá.

*A todos que direta ou indiretamente participaram e me apoiaram todos esses anos desta etapa da minha vida, o meu **Muito Obrigado!***

RESUMO

A aplicação de práticas conservacionistas visa não só a manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo, mas também minimizar significativos impactos ocasionados ao ambiente. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da decomposição de plantas de cobertura no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja e milho em sucessão, na região do Cerrado. O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12, nas áreas de pesquisa da Fundação Chapadão em Chapadão do Sul -MS, 18° 41' S e 52° 40' W, sendo implantadas com um delineamento em blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram assim constituídos: 1- milho (*Zea mays*); 2- milho (*Zea mays*) + *Urochloa ruziziensis*; 3 – sorgo (*Sorghum bicolor*); 4 - *Crotalaria spectabilis*; 5 – *Urochloa bryzantha*; 6 – nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) L.; 7 – milheto (*Pennisetum americanum*) e 8 - pousio. O milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *U. ruziziensis* propiciam satisfatória cobertura, pela manutenção de palhada sobre a superfície do solo; os restos culturais de *Raphanus sativus* e *U. bryzantha* proporcionaram maior incremento de produtividade na cultura do milho cultivado na primeira safra na região do Cerrado; os restos culturais de milho, *C. spectabilis* e *Sorghum bicolor* proporcionaram maior incremento de produtividade na cultura da soja de verão.

Palavras-Chave: *Zea mays* L. *Glycine max* L. (Merril). Macronutrientes. Plantio direto.

ABSTRACT

The application of conservation practices aims not only the maintenance and / or improvement of soil quality, as well as the organization and the occupation of the productive areas of the landscape in order to ensure the establishment of the main ecological and hydrological processes and minimize significant impacts caused to the environment . The objective of this study was to evaluate the effect of cover crops grown in the off season and in the development of cultivated maize grain yield in the first crop and soybean tillage system in the Cerrado region. The experiment was carried out in 2010/11 and 2011/12 crop years the Foundation of the experimental area for the Support of Agricultural Research of Plain, located in the municipality of South Chapadão, State of Mato Grosso do Sul, with an altitude of 810 m. The experimental design was a randomized block design with four replications and seven treatments constituted as follows: 1- *Zea mays*; 2- *Zea mays* + *Urochloa ruziziensis*; 3 – *Sorghum bicolor*; 4 - *Crotalaria spectabilis*; 5 – *U. bryzantha*; 6 – *Raphanus sativus* L., 7 – *Pennisetum americanum* and 8 - fallow. Corn in single or in consortium with *Urochloa ruziziensis* cultivation becomes spoiled by cover crops for Direct Planting System, due to its good maintenance of straw on the soil surface; cultural remains of forage turnip and *Urochloa bryzantha* provided productivity increase in the cultivated maize in the first season in the Cerrado region; the Corn debris, *Crotalaria spectabilis* and sorghum provided productivity increase in soybean of summer.

Keywords: *Zea mays* L. *Glycine max* L. (Merril). Macronutrients. No till

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Precipitação total, mensal, registrada durante a condução do experimento de soja cultivada no ano agrícola de 2010/11. Chapadão do Sul, MS, Brasil. 23
- Figura 2** - Precipitação total, mensal, registrada durante a condução do experimento de milho cultivado no ano agrícola de 2011/12. Chapadão do Sul, MS, Brasil..... 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise química do solo da área experimental na camada de 0,0 a 0,2 m. Chapadão do Sul, MS, Brasil	22
Tabela 2 -	Massa seca de plantas em função de plantas de cobertura e dias de coleta. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	31
Tabela 3 –	Desdobramento da interação significativa entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	32
Tabela 4 -	Desdobramento da interação significativa entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	33
Tabela 5 -	Desdobramento da interação significativa entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	34
Tabela 6 -	Desdobramento da interação significativa entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	36
Tabela 7 –	Quantidade de macronutrientes por hectare em função de plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	37
Tabela 8 -	Desdobramento da interação significativa para quantidade de fósforo na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	38
Tabela 9 -	Desdobramento da interação significativa para quantidade de fósforo na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	39
Tabela 10 –	Desdobramento da interação significativa para quantidade de potássio na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	40
Tabela 11 -	Desdobramento da interação significativa para quantidade de potássio na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	40
Tabela 12 -	Desdobramento da interação significativa para quantidade de cálcio na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010	41

Tabela 13 - Desdobramento da interação significativa para quantidade de cálcio na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010.....	42
Tabela 14 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de magnésio na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010.....	43
Tabela 15 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de magnésio na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010.....	43
Tabela 16 - Desdobramento da interação significativa para quantidade de enxofre na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010.....	44
Tabela 17 - Desdobramento da interação significativa para quantidade de enxofre na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010.....	45
Tabela 18 - Altura de plantas, altura de inserção da 1ª vagem e número de vagem planta ⁻¹ na cultura da soja, em função de plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010/11.....	46
Tabela 19 – Número de grão vagem ⁻¹ , massa de 100 grãos e produtividade de grãos na cultura da soja em função de plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010/11	47
Tabela 20 – Altura de plantas, altura de inserção da espiga e produtividade de grãos na cultura do milho em função de plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011/12	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Coberturas Vegetais	14
2.2	Importância econômica e produtividade da cultura da soja	16
2.3	Importância econômica e produtividade da cultura do milho	18
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1	Área experimental	22
3.2	Caracterização do solo.....	22
3.3	Caracterização do clima e dados climáticos.....	23
3.4	SUBPROJETOS DESENVOLVIDOS.....	24
3.4.1	Desempenho de plantas de cobertura cultivadas na entressafra nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12 em sistema plantio direto na região do Cerrado	24
3.4.2	Efeito residual de coberturas vegetais no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja no ano agrícola de 2010/11 cultivada em sistema plantio direto na região do Cerrado.....	26
3.4.2.1	<i>Delineamento experimental</i>	<i>26</i>
3.4.2.2	<i>Instalação e condução do experimento</i>	<i>26</i>
3.4.2.3	<i>Avaliações realizadas.....</i>	<i>27</i>
3.4.2.4	<i>Análises estatísticas</i>	<i>28</i>
3.4.3	Efeito residual de coberturas vegetais no desenvolvimento e produtividade da cultura do milho no ano agrícola de 2011/12 cultivado em sistema plantio direto na região do Cerrado	28
3.4.3.1	<i>Delineamento experimental</i>	<i>28</i>
3.4.3.2	<i>Instalação e condução do experimento</i>	<i>29</i>
3.4.3.3	<i>Avaliações realizadas.....</i>	<i>30</i>
3.4.3.4	<i>Análises estatísticas</i>	<i>30</i>
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	Desempenho de plantas de cobertura na entressafra nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12 em sistema plantio direto na região do Cerrado.....	31
4.2	Efeito residual de coberturas vegetais no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja no ano agrícola de 2010/11 cultivada em sistema plantio direto na região do Cerrado	45
4.3	Efeito residual de coberturas vegetais no desenvolvimento e produtividade da cultura do milho no ano agrícola de 2011/12 cultivado em sistema plantio direto na região do Cerrado	47

5	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	51
	APÊNDICE A - FOTOS DOS EXPERIMENTOS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A visão global do sistema agrícola é imprescindível para o pleno entendimento do processo produtivo, visando o sucesso da intervenção, de maneira a contribuir para a minimização dos níveis de estresse impostos pelo ambiente bem como para assegurar a manutenção do estado de equilíbrio. Portanto, em meio a todas essas limitações, a experiência do interventor, aliada aos conhecimentos básicos de agronomia, ecologia e fisiologia, assume acentuada importância para a proposição de eficientes programas de adubação e manejo, em sistemas agrícolas de produção (YAMADA et al., 2007).

A aplicação de práticas conservacionistas visa não só a manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo, como também a organização e a ocupação dos espaços produtivos da paisagem de maneira a garantir o estabelecimento dos principais processos ecológicos e hidrológicos e minimizar significativos impactos ocasionados ao ambiente (CALEGARI, 2006).

Neste contexto, as plantas de cobertura desempenham um conjunto de ações integradas que proporcionam aos sistemas agrícolas, benefícios de alta significância ao longo do tempo, especificamente na proteção do solo contra erosão hídrica, impedindo o impacto direto das gotas de chuva no solo e quebrando a energia cinética da chuva. Portanto, evita o desencadeamento do processo erosivo; melhora a permeabilidade, a infiltração e retenção de água no solo, evita o selamento superficial, diminui o escoamento superficial e as perdas de água, solo e nutrientes, devido ao efeito da cobertura e do sistema radicular, melhorando a estrutura do solo e favorecendo o crescimento das raízes dos cultivos posteriores (AMABILE et al., 2006).

O sistema plantio direto constitui-se numa prática eficiente para o controle de erosão, propicia maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhora as condições físicas do solo com o aumento da matéria orgânica, bem como também melhora as condições químicas do mesmo (BALBINO et al., 1996). O sucesso desse sistema de cultivo depende da rotação de culturas e, principalmente, da produção de palhada para proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva e redução do escoamento superficial de água. Entretanto, na região Centro-Oeste, no início dos anos 80, os agricultores enfrentaram problemas para conseguir cobertura morta do solo para viabilizar a realização do sistema plantio direto de soja e milho, que juntas constituem as principais fontes de renda regional. Isto pode ser minimizado com a utilização de uma cultura de entressafra, implantada após a lavoura de verão e antecedendo o próximo cultivo.

No entanto, a adoção deste cultivo de entressafra possui limitação pela ocorrência de déficit hídrico entre os meses de maio e setembro. Outra dificuldade refere à limitação do número de espécies de exploração econômica na constituição de um modelo de rotação de culturas. Esses fatos constituem problemas na condução de um bom sistema plantio direto na região de Cerrado e acabam por limitar a produtividade das culturas.

Nas regiões temperadas, algumas espécies como trigo, triticale, aveia branca, tremoço apresentam potencialidade para cultivo no período de inverno e são introduzidas nestas regiões visando exploração econômica e maior sustentabilidade a cultura de verão. Vários trabalhos conduzidos na região Sul do Brasil mostram os efeitos de diferentes espécies no sistema, mas há poucos relatos sobre pesquisas desenvolvidas com a utilização de espécies mais adaptadas à região do Cerrado. Para áreas sobre cerrado, estudos de culturas de cobertura objetivando a obtenção de cobertura do solo, antecedendo a cultura da soja e milho apontam de maneira geral, que as opções mais interessantes são milheto (soja e milho), *Urochloa bryzantha* (soja) e capim-pé-de-galinha (milho) (MURAISHI et. al., 2005). Outras opções são o sorgo e o girassol, indicadas para cultivo em regiões de clima quente. No entanto, ainda é um desafio estabelecer esquemas de rotação de culturas compatíveis com essas duas diferentes espécies de produção de grãos, obtendo retorno econômico e sustentabilidade do sistema plantio direto.

Segundo Crusciol et al. (2008), em plantio direto poucas foram as pesquisas que visaram estudar a produção de massa seca e o teor de nutrientes dos resíduos vegetais, logo após o manejo da fitomassa. No entanto, estudos que descreveram, em condições de campo no cerrado, o processo de degradação, assim como a quantidade e a velocidade na liberação de elementos às plantas subsequentes são escassos. Nesse sentido, há necessidade de descrição e entendimento do processo de decomposição e liberação de nutrientes dos restos de culturas antecessoras à cultura principal, para uma melhor compreensão da demanda de nutrientes pelo sistema, em função da cultura antecessora e do comportamento das culturas do milho e soja cultivadas na sequência.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar plantas de cobertura cultivadas na entressafra quanto a produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes e o comportamento da soja e do milho, semeados de forma direta sob a palhada dessas coberturas, respectivamente nos anos agrícolas 2010/11 e 2011/12, na região de cerrado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COBERTURAS VEGETAIS

O atual sistema de exploração agrícola tem induzido um processo acelerado de degradação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e um perigoso desequilíbrio de todo o sistema ambiental.

Nesse sentido, torna-se urgente e imprescindível a adoção de medidas que visem conservar e/ou melhorar o solo e, conseqüentemente, o próprio meio ambiente. O manejo correto dos resíduos culturais é de grande importância, inclusive para o controle das perdas do solo por erosão.

Dessa forma, a queima de restebas ou de vegetação de cobertura do solo deve ser definitivamente eliminada. Isto porque ela reduz a infiltração de água e aumenta a suscetibilidade do solo à erosão.

Além disso, contribui para diminuição do teor de material orgânico e, desse modo, influencia negativamente vários atributos do solo, dentre os quais, a capacidade de retenção de cátions e água. Durante a combustão, o nitrogênio e o enxofre são perdidos por volatilização e os demais nutrientes contidos na matéria orgânica, após rápida conversão para formas inorgânicas, são perdidos mais facilmente por lixiviação ou na enxurrada (DOTTO et al., 2005).

Espécies forrageiras perenes apresentam maiores condições para manter o solo coberto, com maior produtividade de massa seca, formando uma camada de resíduos vegetais que protege a superfície do solo, facilitando o sistema plantio direto (MELLO et al., 2004), deixando ainda uma considerável massa de raízes (MACHADO et al., 2007) formadoras de canais para a melhoria do solo para cultivos de espécies em sucessão.

Com a prática da adubação verde, é possível recuperar a fertilidade do solo proporcionando aumentar o teor de matéria orgânica, a capacidade de troca de cátions e a disponibilidade de macro e micronutrientes; favorecem a formação e estabilização de agregados; melhoria da infiltração de água e aeração; diminuição da amplitude de variação térmica; controle dos nematóides e, no caso das leguminosas, incorporação ao solo do nitrogênio (N), efetuada através da fixação biológica (ALMEIDA et al., 2007).

Segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha - FEBRAPDP (2007), o sistema plantio direto é largamente utilizado em diversas regiões do Brasil, abrangendo na safra de 2003/04 uma área de aproximadamente 22 milhões de hectares, tendo contribuído para tal expansão a introdução do sistema na região dos cerrados no início da década de 1990. A principal dificuldade encontrada em tais áreas se refere à manutenção da palhada sobre a superfície do solo, dadas às estações bem definidas, com precipitação concentrada na primavera/verão, dificultando a produção de fitomassa na entressafra, e com altas temperaturas acelerando a decomposição da palhada (CASSIA et al., 2008).

Em pesquisa realizada por Bayer et al. (2003), avaliando o efeito da introdução de leguminosas estivais em sistemas de produção de milho nos estoques de carbono orgânico e nitrogênio total de um Latossolo Vermelho sob preparo reduzido, degradado pelo cultivo anterior durante 23 anos sob preparo convencional, concluíram que o cultivo do solo sob sistema convencional, durante esse período, resultou numa diminuição em aproximadamente 50% no estoque original de matéria orgânica do solo. Com a inclusão de plantas de cobertura, nos sistemas de cultura, propiciou uma recuperação parcial dos estoques de carbono orgânico e nitrogênio total no solo sob preparo reduzido, destacando-se a mucuna cinza e o feijão de porco. A recuperação dos estoques de matéria orgânica do solo refletiu positivamente na capacidade de troca de cátions.

De acordo com Voltam (2008), a consequência do uso do sistema plantio direto reflete na busca por plantas de cobertura. Portanto, para que haja o alcance de altas produtividades, a escolha das espécies a serem usadas como cobertura vegetal propiciando melhores respostas derem à determinada cultura é imprescindível. Para que a aplicação dessa técnica não onere a produção da cultura é interessante que tenham algumas características como: rápido crescimento; relação C/N compatível com a região (FRAGA JÚNIOR et al., 2008); grande produção de massa; disponibilidade de sementes no mercado; ciclo curto; não ser hospedeiras de nematóides; não possuir dormência. No entanto o maior desafio é a manutenção da palhada até o final do ciclo da principal cultura (FRAGA JÚNIOR et al., 2008).

Torres et al. (2005), estudando a produtividade de massa seca e a taxa de decomposição e de liberação de N de resíduos culturais provenientes de plantas de cobertura em solos de cerrado em Uberaba (MG), concluíram que o milheto foi a cobertura que apresentou a maior produção de massa seca. Dentre as leguminosas, a maior produção de massa seca foi verificada pela crotalária.

As leguminosas (crotalária e guandu) apresentaram maior velocidade de decomposição quando comparadas às gramíneas. A maior taxa de liberação de N, para todas as coberturas, ocorreu 42 dias após a dessecação; a velocidade de decomposição dos resíduos culturais ocorreu mais rapidamente nas parcelas em que foi cultivado o milho.

Rodrigues et al. (2008) complementaram afirmando que o emprego de leguminosas se destaca devido a associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio, o que resulta em economia de fertilizantes nitrogenados, grande produção por área, sistema radicular profundo, que ajuda descompactar o solo, além disso, apresentam baixa relação C/N, quando comparadas a plantas de outras famílias; este aspecto aliado a grande presença de compostos solúveis, favorece sua decomposição e mineralização por microrganismos do solo e a reciclagem de nutrientes; com o uso de gramíneas, considerando uma relação C/N mais ampla, a sua taxa de decomposição é mais lenta o que permite manutenção de palha na superfície do solo por um maior espaço de tempo; por outro lado o aporte de nutrientes e a taxa de mineralização mais rápida das leguminosas, tornam a palhada dessas plantas mais atrativas para a composição de um sistema de rotação de culturas, porém é importante considerar que em condições tropicais é interessante manter ou aumentar os níveis de matéria orgânica do solo; isto somente pode ser conseguido com uma produção adequada de palha e que tenha uma boa reciclagem de nutrientes.

Além do aspecto quantidade, alguns esforços de pesquisa têm direcionados à avaliação da qualidade da massa seca proveniente das mais diversas espécies de coberturas vegetais. A capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente de camadas mais profundas, a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes para a cultura comercial, bem como a capacidade de fixação biológica de nitrogênio têm sido exploradas (KAPPES, 2012).

2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merril) é uma leguminosa herbácea anual cujo alto teor proteico de seus grãos (38%) e de óleo e sua fácil adaptação aos diversos tipos de clima e fotoperíodo, devido a suas inúmeras variedades, a colocam entre as principais oleaginosas do mundo, sendo entre elas a mais cultivada.

A transformação industrial dos grãos da soja possibilita a obtenção do óleo, da torta (resíduo da trituração dos grãos) e de farinha, e a partir destes, produtos como: lecitina de soja,

óleo alimentício, margarina, gorduras emulsionadas, leite de soja, queijo de soja, molho de soja e as proteínas vegetais texturadas (PVT) que são bastante utilizadas em substituição da carne (BERTRAND et al., 1987). Ultimamente, outros usos da soja têm sido revelados no campo da medicina (combate ao alcoolismo, tratamentos de câncer de mama e próstata) e na produção de tintas, colas e protetores solares (PINHO, 2004).

A soja foi introduzida no Brasil em 1908 por imigrantes japoneses nos Estados da Região Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). Entretanto, apenas a partir da década de 1970 observou-se o crescimento da sua produção no país. De 1970 a 1979 a sojicultura se expandiu na região tradicional, isto é, onde se iniciou sua cultura (Região Sul e São Paulo), devido a fatores como condições edafoclimáticas favoráveis, boa infraestrutura (sistema viário, portuário, comunicações), o estabelecimento de uma articulada rede de pesquisa de soja (EMBRAPA SOJA) e o surgimento de um cooperativismo dinâmico e eficiente (EMBRAPA, 2003).

A partir da década de 1980, a soja se expandiu para os estados de Goiás, oeste de Minas Gerais, Bahia, sul do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, dentro do movimento agropecuário em direção ao oeste brasileiro (IGREJA et al., 1988). Atualmente, áreas da Amazônia Legal (região Norte, Mato Grosso e oeste do Maranhão) também estão sendo alvo do avanço do cultivo de soja (MUELLER e BUSTAMANTE, 2002).

A cultura da soja teve um grande desenvolvimento nas três últimas décadas no Brasil, sendo, atualmente, a principal fonte de divisas de exportação agrícola e responsável pelo superávit na balança comercial (MERCANTE, 2003) citado por Narimatsu, (2004).

A produtividade da cultura depende das condições físicas, químicas e biológicas do solo, bem como dos fatores climáticos, tais como a quantidade e distribuição de chuvas durante o seu período de crescimento (SALVADOR, et al., 1993).

De acordo com Kluthcouski e Stone, (2003) e Narimatsu, (2004), a soja é, sem dúvida, uma das principais culturas que melhor se adapta ao sistema plantio direto e a principal cultura para compor os sistemas de rotação lavoura-pastagem, não só pelos aspectos agrônômicos, como também por se tratar de uma leguminosa e ser considerada eficiente fixadora de nitrogênio do ar.

A eficácia dos sistemas de manejo conservacionistas do solo, especialmente plantio direto, está relacionada, dentre outros fatores, com a quantidade de resíduos e com a cobertura superficial. A matéria seca da parte aérea das culturas passa a ser outro fator de produtividade (BERTOL et al., 1998). A cultura da soja tem limitante contribuição na adição de resíduos ao

solo, pois raramente ultrapassa $2,5 \text{ t ha}^{-1}$. Portanto, com o objetivo de atender a necessidade de adição de matéria vegetal seca necessária para recuperar o teor de matéria orgânica, estimada em mais de $6 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, faz-se necessário que esta cultura seja utilizada em um programa de rotação com culturas que privilegiam a produção de matéria seca. Nestes programas de rotação de cultura, a combinação de gramíneas e leguminosas é importante estratégia na melhoria da qualidade física do solo (BERTOL et al., 2001).

O sistema plantio direto tem se mostrado como opção de manejo a ser empregado em solos pouco férteis e locais com possibilidades de ocorrência de veranicos. Segundo Resck (1998), o sistema possibilita a superação das restrições impostas pelo ecossistema e mantém ou aumenta a produtividade das culturas, embora haja necessidade de estudos para a obtenção de sucesso total e sustentação dessa nova tecnologia de produção. De acordo com Alves et al. (1995), para as condições de solos tropicais e na maioria pobres, como os encontrados nas regiões de cerrado, um manejo mais adequado é fundamental, visto que o clima favorece a rápida decomposição dos restos culturais existentes sobre o solo, devendo-se, portanto, atentar para a quantidade e durabilidade dos resíduos vegetais produzidos pelas espécies antecessoras à cultura principal. O sistema plantio direto em condições de cerrado, de acordo com Spehar e Landers (1997), é geralmente caracterizado pelo cultivo de verão com soja ou milho, sucedido por sorgo, milheto, milho ou uma cobertura vegetal de outono/inverno.

2.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO

O milho, originário da América, mais provavelmente na região onde se situa o México, representa um dos principais cereais cultivados e consumidos no mundo, em virtude do seu alto potencial produtivo, composição química e valor nutritivo. Este cereal assume grande importância social e econômica, principalmente pela geração de empregos na zona rural e urbana, e por fornecer produtos largamente utilizados na alimentação humana, tanto na forma “in natura” como processado e para alimentação animal, representando o principal insumo para a produção de rações. Além disso, o milho e seus derivados constituem-se em matéria-prima para vários segmentos da indústria, como por exemplo, farmacêutica, têxtil, bebidas, cosméticos, papéis, curtumes, colas dentre outras (SILVA, 2005).

A importância econômica da cultura é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, sendo que o uso do milho em grão na alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal (cerca de 70% no mundo). Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado a este fim, enquanto que, no Brasil, varia de 60 a 80% (DUARTE et al., 2010; FANCELLI e DOURADO NETO, 2004). No mundo, as principais utilizações do milho são na criação de aves e de suínos. Existem previsões de que a demanda mundial de carnes continue crescendo e estimativas apontam um consumo superior a 110 milhões de toneladas de carne suína e quase 70 milhões de toneladas de carne de frango até o ano de 2015 (DUARTE et al., 2010; GARCIA et al., 2008). Em termos gerais, apenas 15% de toda a produção mundial de milho destina-se ao consumo humano.

O milho é uma das plantas mais eficientes na conversão de energia radiante em massa seca, visto que uma semente de 260 mg pode resultar, em um período de 140 dias, em até 250 g de grãos por planta (FANCELLI e DOURADO NETO, 1996). Isto é importante para o Brasil, que está situado em uma região tropical, fato que facilita o aproveitamento da luz solar. Outro ponto relevante é aproveitar o grande potencial que a espécie tem para a alimentação, já que uma parcela representativa da população brasileira vive em condições de desnutrição.

O mercado mundial de milho é abastecido basicamente por dois Países: os Estados Unidos (46,99 milhões de toneladas, no ano agrícola 2014/15) e, mais recentemente o Brasil (25 milhões de toneladas, no ano agrícola 2014/15 (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA, 2015). A principal vantagem dos Estados Unidos e da Argentina, em relação ao Brasil, é de terem logística favorável, que no caso dos Estados Unidos é decorrente das excelentes estruturas de transporte e da Argentina pela proximidade das áreas de produção dos portos. O Brasil participa deste mercado, porém, a instabilidade cambial e as deficiências da estrutura de transporte até os pontos têm prejudicado o País no comércio internacional de milho (GARCIA et al., 2008).

Os principais importadores de milho, no ano agrícola 2014/15, foram o Vietnã (14 milhões de toneladas), o Irã (12 milhões de toneladas), a Indonésia (8 milhões de toneladas) e Taiwan (5 milhões de toneladas) (CONAB, 2015). Outros importadores relevantes são os Países do Sudeste da Ásia e a comunidade Europeia. Nesses dois últimos casos, além das importações, ocorre um grande montante de trocas entre os Países que compõem cada um desses blocos (GARCIA et al., 2008).

O milho foi inicialmente cultivado intensivamente em pequenas propriedades, com utilização “*in situ*” dos grãos para alimentação animal. Com a criação intensiva de aves e suínos em grandes lotes, fora das propriedades agrícolas que produzem milho, a expansão da cultura ocorreu em propriedades de porte médio que se dedicavam ao cultivo do cereal para o comércio de grãos. Nestas, além da importância como fonte de renda, a cultura do milho foi essencial para viabilização do sistema plantio direto, devido à sua elevada produção de massa (MUNDSTOCK e SILVA, 2005). A produção total do Brasil na safra 2014/15 para o milho primeira safra, totalizou 30.306,7 mil toneladas, o que representou um decréscimo de 4,3% em relação ao ocorrido na safra 2013/14. Centro-Oeste, uma das maiores produtoras de milho primeira safra, foi a que apresentou maior queda em termos de produção, quando comparadas com as demais regiões do Brasil, fato este associado ao aumento dos custos de produção e a competição por área com a soja, a qual vem substituindo o milho 1ª safra (CONAB, 2015). Dado ao baixo preço de mercado do milho, os custos de transporte influenciam a remuneração da produção obtida, principalmente em regiões distantes dos pontos de consumo e de portos, reduzindo o interesse no deslocamento da produção as maiores distâncias ou em condições que a logística de transporte é desfavorável.

A produção de milho no Brasil tem-se caracterizado pela divisão em duas épocas de semeadura. A semeadura de verão ou primeira safra é realizada na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto na região Sul e até os meses de outubro a novembro no Sudeste e no Centro Oeste. A segunda safra, que inclui a “safrinha”, é caracterizada pela semeadura entre os meses de janeiro, fevereiro, março e posteriormente em sistemas irrigados, com produtividades semelhantes à primeira época. Essa semeadura ocorre sempre após a colheita da safra normal (quase sempre depois da soja precoce), visando o aproveitamento das chuvas remanescentes antes do períodos da seca, com predomínio na região Centro Oeste. Verifica-se um decréscimo na área cultivada no períodos da primeira safra, em decorrência da concorrência com a soja, o que tem sido parcialmente compensado pelo aumento de área cultivada na segunda safra (GARCIA et al., 2008).

No Brasil, o milho destaca-se pela grande quantidade produzida, sendo superado apenas pela soja. O País é o terceiro maior produtor mundial de milho (85 milhões de toneladas produzidas, no ano agrícola 2014/15), depois dos Estados Unidos (primeiro lugar – 361 milhões de toneladas, no ano agrícola 2014/15) e da China (segundo lugar – 215,6 milhões de toneladas,

no ano agrícola 2014/15) (USDA, 2015). Considerando a produção de 85 milhões de toneladas (milho total – primeira e segunda safra), obtida em 15 milhões de hectares no ano agrícola 2014/15, o Estado do Mato Grosso liderou o ranking nacional com 20,2 milhões de toneladas, seguido do Paraná com 15,8 milhões de toneladas, de Goiás com 9,3 milhões de toneladas, de Mato Grosso do Sul com 9,0 milhões de toneladas e de Minas Gerais com 6,8 milhões de toneladas (CONAB, 2015).

Por suas características fisiológicas, a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já tendo sido obtida produtividade superior a 16 t ha^{-1} em concursos de produtividade de milho conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de sementes. No entanto, o nível médio nacional de produtividade é muito baixo, cerca de $5,2 \text{ t ha}^{-1}$, demonstrando que os diferentes sistemas de produção de milho deverão ser ainda bastante aprimorados para se obter aumento na produtividade e na rentabilidade que a cultura pode proporcionar (CONAB, 2015).

A produtividade média de milho nacional não reflete o bom nível tecnológico já alcançado por boa parte dos agricultores brasileiros voltados para lavouras comerciais, uma vez que as médias são obtidas nas mais diferentes regiões, em lavouras com diferentes sistemas de cultivos, finalidades e nível tecnológico (DEMÉTRIO, 2008; GARCIA et al., 2008). De modo geral, a baixa produtividade das lavouras de milho no Brasil ocorre em função de fatores ligados às condições de precipitação pluvial, temperatura do ar, radiação solar, arranjo espacial de plantas, fertilidade do solo (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004), dentre outras. Esse fato não se deve apenas aos baixos níveis de nutrientes presentes nos solos, mas também ao uso inadequado de calagem e adubações, principalmente com nitrogênio e potássio, e também à alta capacidade extrativa do milho colhido para produção de grãos e forragem.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi realizada no Centro de Pesquisa da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão, localizada no município de Chapadão do Sul, Estado de Mato Grosso do Sul, situada a 18° 41' de Latitude Sul e 52° 40' de Longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 810 metros aproximadamente. Os experimentos foram conduzidos durante os anos agrícolas 2010/11 e 2011/12 em área cultivada em sistema plantio direto instalada a 13 anos em sistema de rotação soja / milho verão e nabo forrageiro, crotalaria e sorgo como culturas de safrinha. No período de primavera/verão do ano agrícola 2009/10, a área foi ocupada com a cultura da soja.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo predominante da área, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al. 2013), é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, possuindo textura argilosa, o qual foi originalmente ocupado por vegetação de Cerrado e vem sendo explorado por culturas anuais há mais de 30 anos. Antes da instalação do experimento no ano agrícola de 2010/11, foram realizadas amostragens do solo da área na camada de 0,0 a 0,2 m para análise, conforme metodologia descrita por Raij et al. (1997), cujas características químicas obtidas na análise são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise química do solo da área experimental na camada de 0,0 a 0,2 m. Chapadão do Sul, MS, Brasil(1)

Safra	P _{resina}	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	S.B.	T	V	S-SO ₄ ²⁻
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂				mmol _c dm ⁻³			%	mg dm ⁻³
	33	28	5,2	1,7	38	9,0	23	48,7	72	68	6
2010/11				B	Cu	Fe	Mn	Zn			

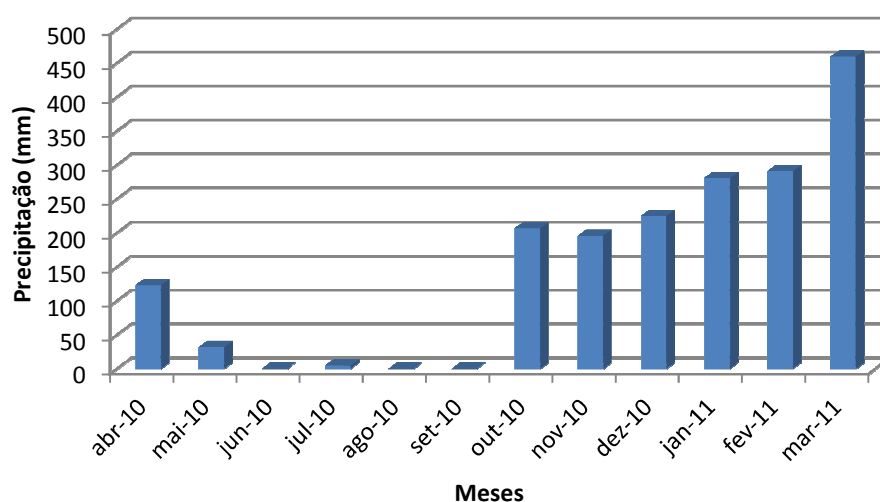
	-----mg dm ⁻³ -----				
	0,2	3,3	67,0	20,9	9,8

⁽¹⁾ Método de análise segundo RAIJ et al. (1996).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DADOS CLIMÁTICOS

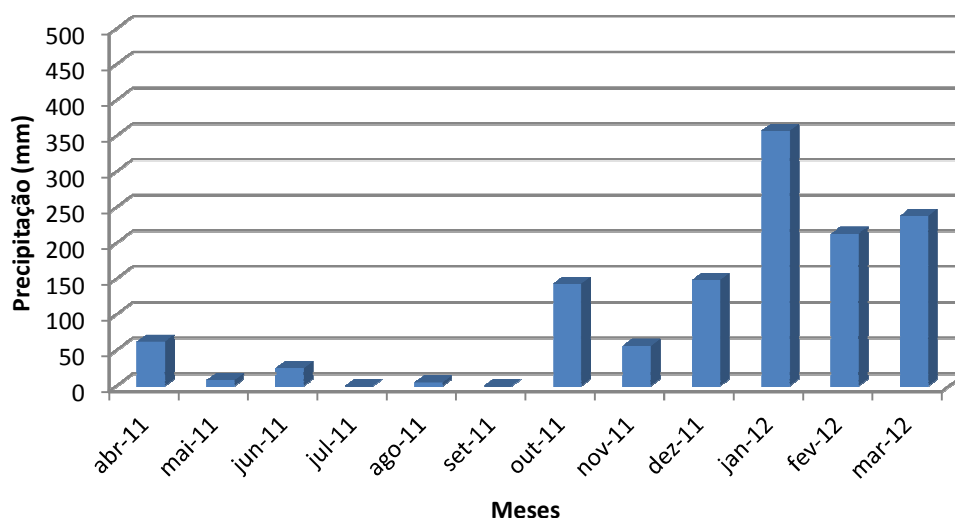
O clima da região, segundo classificação de Kopen, é do tipo Aw, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Os valores mensais de precipitação pluviual registrados durante a condução dos experimentos nos anos agrícolas 2010/11 e 2011/12 estão apresentados nas Figuras 1 e 2. A precipitação total registrada no ano agrícola 2010/11 foi de 1.820 mm e no ano agrícola 2011/12 foi de 1.255 mm. Os dados de precipitação foram obtidos em pluviômetro instalado ao lado da área experimental.

Figura 1 – Precipitação total, mensal, registrada durante a condução do experimento de soja cultivada no ano agrícola de 2010/11. Chapadão do Sul, MS, Brasil



Fonte: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão

Figura 2 – Precipitação total, mensal registrada durante a condução do experimento de milho cultivado no ano agrícola de 2011/12. Chapadão do Sul, MS, Brasil



Fonte: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão

3.4 SUBPROJETOS DESENVOLVIDOS

3.4.1 Desempenho de plantas de cobertura cultivadas na entressafra nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12 em sistema plantio direto na região do Cerrado

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, sendo utilizados 7 tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos estabelecidos foram constituídos: 1- milho (*Zea mays*); 2- milho (*Zea mays*) + *Urochloa ruziziensis*; 3 – sorgo (*Sorghum bicolor*); 4 - *Crotalaria spectabilis*; 5 – *Urochloa bryzantha*; 6 – nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) L.; 7 – milheto (*Pennisetum americanum*) e 8 - pousio.

Previamente à semeadura, as plantas daninhas presentes na área, na qual predominavam a corda-de-viola [*Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell], a erva-de santa-luzia [*Chamaesyce hirta* (L.) Millsp], o leiteiro [*Euphorbia heterophylla* (L.)] e o picão-preto [*Bidens pilosa* (L.)],

foram dessecadas com glifosato (1.560 g ha^{-1} do i.a. + 403 g ha^{-1}) + equivalente ácido do 2,4-D ($335 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). A aplicação dos herbicidas foram realizadas com pulverizador de barras tratorizado e o volume de 150 L ha^{-1} .

As coberturas foram semeadas mecanicamente nos dias 09/04/2010 e 09/04/2011 sendo o milho e o sorgo semeados no espaçamento de 0,45 m entre linhas utilizando-se os híbridos 2B587 HX e 1G282 respectivamente. Com relação à *Crotalaria spectabilis*, nabo forrageiro, *U. bryzantha* e milheto, os mesmos foram semeados mecanicamente no espaçamento de 0,22 m entre linhas, em sistema de semadura direta. O consórcio milho + *U. ruziziensis* foi estabelecido pela semeadura da *U. ruziziensis* à lanço, utilizando-se 10 kg ha^{-1} de semente, seguida de semeadura do milho em espaçamento de 0,45 m entre linhas. As áreas em pousio houve pouca reinfestação das plantas daninhas em ambos os anos de estudo e por isso não foram manejadas. As parcelas foram constituídas de 10 metros de comprimento e 6,3 metros de largura. Em ambos os anos agrícolas as coberturas de solo não receberam adubação química. Durante a execução do trabalho, as culturas de cobertura, soja e milho receberam apenas água da precipitação ocorrida na área experimental.

Trinta dias antes da semeadura das culturas principais, soja (2010/11) e milho (2011/12) as plantas de cobertura foram dessecadas em 19/10/2010 e 21/10/2011, respectivamente, com glifosato (1.560 g ha^{-1} do i.a. + 403 g ha^{-1}) + equivalente ácido do 2,4-D ($335 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). A aplicação dos herbicidas foram realizadas com pulverizador de barras tratorizado e o volume de 150 L ha^{-1} .

Anterior à semeadura da cultura da soja em 18/11/2010 e do milho em 20/11/2011 as coberturas vegetais foram manejadas com desintegrador mecânico horizontal, com altura de corte aproximada de 15 cm, objetivando fragmentar e distribuir de forma uniforme os resíduos das culturas na área de cultivo. Após esta operação foram realizadas amostragens de resíduos ao acaso com quadrante de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$) em dois pontos de cada parcela. O material obtido em cada parcela foi submetido à secagem em estufa com renovação e circulação forçada de ar à temperatura de $60 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante. Após isso, essas amostras foram pesadas e determinou-se a massa seca depositada sobre o solo por cada cultura de cobertura, em cada parcela. Esse procedimento foi repetido aos 15, 45, 75 e 115 dias após a semeadura das culturas da soja e milho.

Parte das amostras dos resíduos das coberturas que antecederam a cultura do milho (ano 2010/11) foi moída e determinou-se os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Posteriormente parte do material coletado em cada parcela foi acondicionado em quatro “Litter Bags”, sendo os mesmos colocados nas respectivas parcelas e fixados ao solo. Esses foram reamostrados aos 15, 45, 75 e 115 dias após sua colocação na área experimental. O material existente em cada “litter bag” foi novamente submetido à secagem, da mesma forma descrita anteriormente, pesado e moído para a determinação dos macronutrientes, utilizando-se da mesma metodologia. A quantidade dos macronutrientes na palhada foram obtidos pelos teores dos nutrientes na palhada multiplicados pela matéria seca das coberturas em todas as amostragens avaliadas, somente na cultura do milho (2011/12).

3.4.2 Efeito residual de coberturas vegetais no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja no ano agrícola de 2010/11 cultivada em sistema plantio direto na região de Cerrado

3.4.2.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados com 4 repetições. Os tratamentos em número de oito, foram as culturas de cobertura semeadas anteriormente na área experimental e posteriormente manejadas química e mecanicamente. As culturas de cobertura utilizadas foram: 1- milho (*Zea mays*); 2- milho (*Zea mays*) + *Urochloa ruziziensis*; 3 – sorgo (*Sorghum bicolor*); 4 - *Crotalaria spectabilis*; 5 – *Urochloa bryzantha*; 6 – nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) L.; 7 – milheto (*Pennisetum americanum*) e 8 - pousio. As parcelas experimentais foram constituídas por quatorze linhas de 10,0 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m, perfazendo área total de 63,0 m² (6,3 x 10 m) e área útil de 5,4 m², uma vez que para a coleta dos dados foram utilizadas as três linhas centrais de cada parcela com 4 metros de comprimento. Na avaliação de produtividade da cultura, foram utilizadas as duas linhas centrais, constituindo em área útil de 3,6 m². As demais linhas foram consideradas bordadura.

3.4.2.2 Instalação e condução do experimento

Antes da semeadura da soja, a área recebeu aplicação de herbicida glifosato (1.560 g ha^{-1} do i.a + 403 g ha^{-1}) + equivalente ácido do 2,4-D ($335 \text{ gi.a. ha}^{-1}$), com o objetivo de dessecar as plantas daninhas existentes no local. Utilizou-se semeadora adequada para a realização da semeadura no sistema plantio direto.

A cultivar utilizada foi a Valiosa RR, semeada mecanicamente no dia 19/11/2010 no espaçamento de 0,45 m entre linhas e 14 sementes por metro, com objetivo de obter uma população final de aproximadamente 267.000 plantas por hectare, de acordo com recomendações da Fundação Chapadão (2010). A emergência das plantas ocorreu no dia 26/11/2010, aos 7 dias após a semeadura (DAS).

Antes da semeadura da soja a área recebeu aplicação de 150 kg ha^{-1} do fertilizante cloreto de potássio (60% K_2O) aplicado à lanço em pré-semeadura, levando-se em consideração a faixa de produtividade esperada para a cultivar na região. A adubação química básica nos sulcos de semeadura foi constituída de 115 kg ha^{-1} do fertilizante monofosfato de amônio (11-52-00) calculada de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração a faixa de produtividade. O controle de plantas daninhas foi realizado aos 20 dias após a emergência (DAE) e 35 DAE, com aplicação do herbicida glifosato ($792,5 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a) em ambas as aplicações. Os demais tratos culturais e fitossanitários empregados foram os normalmente recomendados para a cultura da soja na região do Cerrado.

A colheita foi realizada no dia 06/04/2011, aos 130 dias após a emergência das plantas.

3.4.2.3 Avaliações realizadas

- Altura de plantas

A altura média das plantas de soja foi determinada pela medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta até a extremidade apical em cinco plantas por parcela, na época da colheita.

- Altura de inserção da primeira vagem

Para a altura média de inserção da primeira vagem foi adotada a distância entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem em cinco plantas por parcela.

- Componentes da produção

Foram coletadas 10 plantas em cada parcela, no momento da colheita para a avaliação de: a) número de vagens planta⁻¹: determinada pela relação do número total de vagens/número de plantas; b) número médio de grãos vagem⁻¹: calculado pela relação do número total de grãos/número total de vagens.

- Massa de 100 grãos

Determinada pela avaliação de uma amostra de 100 grãos por parcela, tendo sua massa devidamente corrigida para 130 g kg⁻¹ de teor de água (base úmida – “b.u.”).

- Produtividade de grãos

As plantas da área útil de cada parcela foram colhidas manualmente de duas linhas com 4 metros de comprimento e deixadas secar ao sol. Após secagem, as mesmas foram submetidas à trilhagem mecânica. Posteriormente os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ (13% de base úmida).

3.4.2.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias das coberturas vegetais comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), e os fatores qualitativos foram avaliados utilizando-se a opção de regressão polinomial com o programa estatístico SISVAR, de acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002).

3.4.3 Efeito residual de coberturas vegetais no desenvolvimento e produtividade da cultura do milho no ano agrícola de 2011/12 cultivada em sistema plantio direto na região do Cerrado

3.4.3.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, foram estabelecidos 8 tratamentos com quatro repetições, os quais resultaram da combinação entre as coberturas vegetais e a cultura da soja. Como coberturas vegetais, foram utilizadas as seguintes: 1- milho (*Zea mays*); 2- milho (*Zea mays*) + *Urochloa ruziziensis*; 3 – sorgo (*Sorghum bicolor*); 4 - *Crotalaria spectabilis*; 5 – *Urochloa bryzantha*; 6 – nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) L.; 7 – milheto (*Pennisetum americanum*) e 8- pousio.

As parcelas experimentais foram constituídas por quatorze linhas de 10,0 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m, perfazendo área total de 63,0 m² (6,3 x 10 m) e área útil de 5,4 m², uma vez que para a coleta dos dados foram utilizadas as três linhas centrais de cada parcela com 4 metros de comprimento. Na avaliação de produtividade da cultura, foram utilizadas as duas linhas centrais, constituindo em área útil de 3,6 m². A demais linhas foram consideradas bordadura.

3.4.3.2 Instalação e condução do experimento

Antes da semeadura do milho, a área recebeu aplicação de herbicida glifosato (1.560 g ha⁻¹ do i.a. + 403 g ha⁻¹) + equivalente ácido do 2,4-D (335 g i.a. ha⁻¹), com o objetivo de dessecar as plantas, para a implantação das parcelas do milho em sistema plantio direto.

O híbrido utilizado foi o AG 7098 PRO, semeado mecanicamente no dia 21/11/2011, no espaçamento de 0,45 m entre linhas e 3 sementes por metro, com objetivo de obter uma população final de aproximadamente 67.000 plantas por hectare, de acordo com recomendações de Barbosa (2007). A emergência das plantas ocorreu no dia 28/11/2011, aos 7 dias após a semeadura (DAS).

A adubação básica no sulco de semeadura foi constituída de 400 kg ha⁻¹ da fórmula (08-24-12), calculada de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração a faixa de produtividade esperada (10 – 12 t ha⁻¹) e as recomendações de Raij et al. (1997). A adubação nitrogenada de cobertura foi parcelada em duas vezes realizada nos dias 08/12/2011 e 10/01/2012, momento em que as plantas de milho, apresentavam 4 e 6 folhas completamente expandidas, utilizando-se 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio em ambas as aplicações, tendo-se como fonte de nitrogênio a ureia (45% de nitrogênio). As aplicações foram realizadas

com um distribuidor mecanizado, distribuindo-se o fertilizantes à lanço sobre a superfície do solo.

A colheita foi realizada em 10/04/2012, aos 130 dias após a emergência das plantas.

3.4.3.3 Avaliações realizadas

- Altura de plantas

Por ocasião do florescimento pleno das plantas de milho foi realizada em cinco plantas por parcela a altura do colo até a inserção da folha “bandeira”.

- Altura de inserção da espiga

Por ocasião do florescimento pleno das plantas de milho foi realizada em cinco plantas por parcela a altura do colo até a inserção da primeira espiga.

- Produtividade de grãos

Foi obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos de todas as espigas colhidas na área útil das parcelas, o qual foi convertido para kg ha^{-1} e corrigido para 130 g kg^{-1} de teor de água (b.u). O teor de água dos grãos foi obtido pelo método elétrico não destrutivo indireto, mediante o uso do aparelho portátil *Multi-grain* (Dickey-John[®]), o qual propicia leitura direta.

3.4.3.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias das coberturas vegetais comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), e os fatores qualitativos foram avaliados utilizando-se a opção de regressão polinomial com o programa estatístico SISVAR, de acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho de plantas de cobertura na entressafra nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12 em sistema plantio direto na região do Cerrado

Na Tabela 2 estão apresentados as médias dos resultados da massa seca das diferentes plantas de cobertura e massa seca permanente sobre o solo nos diferentes dias de avaliação após dessecação e manejo, em dois anos agrícolas. Para o ano de 2010, as culturas antecessoras (milho e milho + *U. ruziziensis*) apresentaram maiores massa seca de plantas. Para os dias de amostragem no mesmo ano agrícola, houve redução da massa seca dos restos de cultura sobre o solo com o prolongamento do período após o manejo das culturas antecessoras. Entretanto, essa redução apresenta interação com as culturas adotadas.

Tabela 2 – Massa seca de plantas em função de plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010

Plantas de Cobertura (P.C)		Massa seca de plantas (kg ha ⁻¹)	
		2010	2011
Milho		5.012	1.102
Milho + <i>U. ruziziensis</i>		4.865	1.358
Nabo		3.178	840
<i>C. spectabilis</i>		1.751	367
Milheto		3.621	632
Sorgo		3.930	580
<i>U. bryzantha</i>		2.972	775
Dias de Amostragem (D.A)			
0		5.132	1.109
15		4.668	1.005
45		3.675	813
75		2.491	633
115		2.127	479
F	P.C	205,57**	1.147,25**
	D.A	386,86**	964,84**
	P.C x D.A	7,67**	27,33**
DMS	P.C	335,96	41,94
C.V. (%)		9,76	5,46

Fonte: Dados do próprio autor

No desdobramento da interação significativa entre plantas de cobertura e dias de amostragem no ano de 2010 (Tabela 3), em amostragem na dessecação as coberturas milho e milho + *U. ruziziensis* apresentaram maior massa seca de plantas. O mesmo foi obtido nas

avaliações aos 15, 45 e 75 dias. Enquanto aos 115 dias, esses dois tratamentos tiveram desempenho semelhante ao cultivo de milheto.

Tabela 3 – Desdobramento da interação significativa entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010

Plantas de Cobertura (P.C)	Dias de Amostragem				
	0	15	45	75	115
	kg ha ⁻¹				
Milho	6.528 ab	6.374 a	5.570 a	3.596 a	2.991 a
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	7.012 a	6.385 a	5.289 a	3.200 ab	2.450 ab
Nabo	4.471 c	4.058 cd	2.975 cd	2.277 cd	2.108 b
<i>C. spectabilis</i>	2.509 d	2.091 e	1.862 c	1.407 e	887 c
Milheto	5.027 c	4.759 bc	3.451 bc	2.386 cd	2.481 ab
Sorgo	5.851 b	5.013 b	3.886 b	2.725 bc	2.178 b
<i>U. bryzantha</i>	4.529 c	4.004 d	2.688 d	1.844 de	1.795 b
F	73,19**	71,66**	59,04**	18,33**	14,03**
DMS			751,24		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Dados do próprio autor

Em relação à permanência de restos de culturas sobre o solo das diferentes plantas de cobertura no ano de 2010 (Tabela 4) todas as coberturas utilizadas apresentaram ajuste linear negativo, ou seja, a medida com que foi aumentando o tempo de amostragem as mesmas foram diminuindo a quantidade de massa seca sobre o solo.

Para o ano de 2011 (Tabela 5), o milho em consórcio com *U. ruziziensis* apresentou maior produção de massa seca de plantas quando comparado às demais plantas de cobertura. Em relação aos dias de amostragem da cobertura residual sobre o solo também foi verificado uma redução significativa com o aumentando dos dias de amostragem. Entretanto, houve interação significativa entre culturas de cobertura e épocas de amostragem.

No desdobramento da interação significativa entre plantas de cobertura e dias de amostragem no ano de 2011 (Tabela 5), no momento da dessecação (zero), 15, 45 e 75 dias o

consórcio milho + *U. ruziziensis* apresentou maior quantidade de massa seca quando comparadas com as demais plantas de cobertura. Na amostragem aos 115 dias esse tratamento não se diferenciou da utilização apenas de milho solteiro. Este fato pode ser explicado pela maior relação C/N dos restos vegetais da cultura do milho, principalmente do colmo, quando comparados com as demais plantas de cobertura utilizadas em função do elevado teor de lignina presente nesse órgão.

Tabela 4 – Desdobramento da interação significativa entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010

Dias de Amostragem	Plantas de cobertura						
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Nabo	<i>C. spectabilis</i>	Milheto	Sorgo	<i>U. bryzantha</i>
	kg ha ⁻¹						
0	6.528 ⁽¹⁾	7.012 ⁽²⁾	4.471 ⁽³⁾	2.509 ⁽⁴⁾	5.027 ⁽⁵⁾	5.851 ⁽⁶⁾	4.529 ⁽⁷⁾
15	6.374	6.374	4.058	2.091	4.759	5.013	4.004
45	5.570	5.289	2.975	1.862	3.451	3.886	2.688
75	3.596	3.200	2.277	1.407	2.481	2.725	1.844
115	2.991	2.450	2.108	887	2.386	2.178	1.795
F	84,64**	125,70**	35,64**	12,56**	49,12**	75,26**	49,95**

⁽¹⁾ $y = -34,073x + 6715,61$ $R^2 = 0,95^{**}$

⁽²⁾ $y = -41,969x + 6963,69$ $R^2 = 0,97^{**}$

⁽³⁾ $y = -21,688x + 4262,53$ $R^2 = 0,91^{**}$

⁽⁴⁾ $y = -13,382x + 2420,60$ $R^2 = 0,98^{**}$

⁽⁵⁾ $y = -34,073x + 6715,61$ $R^2 = 0,95^{**}$

⁽⁶⁾ $y = -32,292x + 5545,17$ $R^2 = 0,95^{**}$

⁽⁷⁾ $y = -25,263x + 4235,57$ $R^2 = 0,88^{**}$

Fonte: Dados do próprio autor

A definição e manejo das coberturas vegetais utilizadas como plantas de cobertura varia de acordo com o objetivo pretendido. Caso seja a cobertura do solo, deve-se escolher plantas que possuam maior relação C/N, para que apresentem decomposição mais lenta, devendo ficar maior tempo sobre a superfície do solo. Se a finalidade é o fornecimento de nutrientes para cultura econômica sucessora, em curto espaço de tempo, deve-se optar por plantas que apresentam

menor relação C/N (KAPPES, 2012). Nesse sentido, a utilização de milho como cultura antecessora, em consórcio ou cultivo solteiro propicia maior cobertura do solo, por períodos longos. Portanto, o milho é uma cultura de grande relevância para manutenção do solo com cobertura por restos vegetais por período longo.

Tabela 5 – Desdobramento da interação significativa entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Plantas de Cobertura (P.C)	Dias de Amostragem				
	0	15	45	75	115
	kg ha ⁻¹				
Milho	1.447 b	1.290 b	1.087 b	939 b	747 a
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	1.883 a	1.708 a	1.332 a	1.037 a	832 a
Nabo	1.111 d	1.048 c	917 c	663 c	462 b
<i>C. spectabilis</i>	555 g	471 e	373 f	279 e	158 c
Milheto	809 e	760 d	655 de	534 d	403 b
Sorgo	749 f	690 d	594 e	485 d	381 b
<i>U. bryzantha</i>	1.207 c	1.065 c	737 d	493 d	373 b
F	428,46**	351,65**	215,48**	148,85**	112,14**
DMS			93,77		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade

Fonte: Dados do próprio autor

Para o desdobramento da interação significativa entre dias de coleta e plantas de cobertura no ano de 2011 (Tabela 6), verifica-se que para todas as coberturas utilizadas, as mesmas apresentaram ajuste linear negativo, ou seja, a medida com que foi aumentando o tempo de amostragem as mesmas foram diminuindo a quantidade de massa seca sobre o solo.

A permanência de maior volume de palha das gramíneas, segundo Monegat (1991), está condicionada à taxa de decomposição do material no campo, ou seja, elas apresentam, na época do florescimento, relação C/N e teores de lignina maiores, o que pode resultar em lenta

mineralização ou disponibilidade de nutrientes da palhada, com possibilidades de produzir efeitos benéficos em longo prazo.

De acordo com Alvarenga et al. (2001), o desafio do sistema plantio direto na região do Cerrado, onde imperam condições de clima seco no inverno, com fotoperíodo curto e alta taxa de decomposição da palhada no verão, reside no fato de se obter o estabelecimento de cobertura do solo em março ou abril, com quantidade e rusticidade suficientes para que haja fornecimento constante de material ao solo até o início do plantio da cultura subsequente.

Aita e Giacomini (2003) e Giacomini et al. (2003) propõem uma estratégia de manejo que consiste na mistura de leguminosas e gramíneas. Além de proteger o solo e adicionar N, o consórcio proporciona produção de matéria seca com relação C/N intermediária, obtendo-se taxa de decomposição de resíduos culturais menor e sincronia entre fornecimento e demanda de N pelas culturas comerciais.

A média geral de produtividade de matéria seca foi $3,62 \text{ t ha}^{-1}$ e $0,808 \text{ t ha}^{-1}$ para os anos agrícolas de 2010 e 2011, inferiores às $6,0 \text{ t ha}^{-1}$, citadas por Denardin e Kochhann (1993) e por Darolt (1998), como sendo a quantidade mínima ideal de adição de matéria seca em um sistema de rotação de culturas de maneira que se mantenha adequada a cobertura do solo.

Tabela 6 – Desdobramento da interação significativa entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Dias de Amostragem	Plantas de cobertura						
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Nabo	<i>C. spectabilis</i>	Milheto	Sorgo	<i>U. bryzantha</i>
	kg ha ⁻¹						
0	1.447 ⁽¹⁾	1.883 ⁽²⁾	1.111 ⁽³⁾	555 ⁽⁴⁾	809 ⁽⁵⁾	749 ⁽⁶⁾	1.207 ⁽⁷⁾
15	1.290	1.708	1.048	471	760	690	1.065
45	1.087	1.332	917	373	655	594	737
75	939	1.037	663	279	534	485	493
115	747	832	462	158	403	381	373
F	158,33**	400,40**	152,63**	50,41**	56,78**	46,06**	264,24

⁽¹⁾ $y = - 5,923 x + 1398,28 R^2 = 0,98^{**}$

⁽²⁾ $y = - 9,367 x + 1826,67 R^2 = 0,97^{**}$

⁽³⁾ $y = - 5,835 x + 1132,03 R^2 = 0,99^{**}$

⁽⁴⁾ $y = - 3,360 x + 535,25 R^2 = 0,99^{**}$

⁽⁵⁾ $y = - 3,580 x + 811,26 R^2 = 1,0^{**}$

⁽⁶⁾ $y = - 3,219 x + 740,78 R^2 = 0,99^{**}$

⁽⁷⁾ $y = - 7,529 x + 1151,63 R^2 = 0,95^{**}$

Fonte: Dados do próprio autor

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados da quantidade de macronutrientes em função de plantas de cobertura e dias de amostragem. Com relação a plantas de cobertura observa-se que o consórcio milho + *Urochloa ruziziensis* apresentou maior acúmulo de nitrogênio (N) por hectare. Para os demais macronutrientes, houve interação significativa entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Para os dias de amostragem, os macronutrientes N, P, K, Ca e Mg, apresentaram decréscimo nas suas quantidades por hectare a medida com que se foi aumentando os dias de amostragem.

Tabela 7 – Quantidade de macronutrientes por hectare em função de plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Plantas de cobertura (P.C)	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----kg ha ⁻¹ -----					
Milho	44,97 ab	3,48	18,90	13,17	5,21	13,91
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	54,02 a	4,94	60,32	31,75	9,77	14,76
Nabo	37,54 bc	4,67	21,63	22,46	4,16	12,83
<i>C. spectabilis</i>	32,08 c	1,76	12,05	18,68	2,51	4,66
Milheto	44,67 ab	3,60	31,87	22,86	7,46	12,10
Sorgo	48,81 ab	4,03	33,08	14,19	6,23	8,74
<i>U. bryzantha</i>	42,65 abc	4,12	42,79	18,45	6,88	13,06
Dias de amostragem (D.A)						
0	67,15 ⁽¹⁾	5,54	96,61	37,80	13,01	10,53
15	48,41	4,36	42,66	22,25	8,86	10,30
45	40,83	3,45	13,80	15,98	6,43	15,01
75	33,03	2,85	2,74	13,40	4,01	10,18
115	28,25	2,80	1,80	11,68	0,78	11,15
F P.C	6,23**	16,98**	19,99**	13,70**	24,22**	18,03**
F D.A	39,47**	29,22**	168,08**	54,79**	117,41**	8,31**
F P.C x D.A	1,01 ^{ns}	3,63 **	10,66 **	6,82**	5,88**	2,75**
DMS P.C	12,24	1,08	15,51	7,22	2,04	3,55
C.V. (%)	29,55	29,80	51,74	37,52	35,49	32,65

⁽¹⁾ $y = -0,302x + 58,617$ $R^2 = 0,84^{**}$

Fonte: Dados do próprio autor

Para as quantidades de enxofre (S), o mesmo apresentou ajuste quadrático à medida que se foi aumentando os dias de amostragem, com o maior acúmulo deste macronutriente aos 60 dias com 12,58 kg S ha⁻¹.

No desdobramento da interação significativa para quantidade de fósforo na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem (Tabela 8), nota-se bastante discrepância entre as quantidades de P acumulada na palhada em função dos dias de amostragem. Na amostragem realizada no momento do manejo da palhada (zero), observa-se maior acúmulo de P no nabo. Aos 15 dias o maior acúmulo do macronutriente ocorreu nas palhadas de milho + *Urochloa ruziziensis*, nabo, milheto, sorgo e *Urochloa bryzantha*. Aos 45 dias, verifica-se que o maior

acúmulo de P na matéria seca se deu na resteva com milho e milho + *Urochloa ruziziensis*, não diferenciado do nabo, milheto, sendo que ocorre o mesmo para a amostragem aos 115 dias. Não houve diferenças estatísticas significativas para a amostragem realizada aos 75 dias. Costa et al. 2014 trabalhando com *Urochloa ruziziensis* e *Urochloa bryzantha* não encontraram diferenças significativas para quantidade de fósforo nestas plantas de cobertura.

Tabela 8 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de fósforo na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Plantas de Cobertura (P.C)	Dias de Amostragem				
	0	15	45	75	115
	kg ha ⁻¹				
Milho	4,21 cd	2,03 b	4,57 a	3,22	3,35 ab
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	7,03 b	5,86 a	4,12 ab	3,68	4,00 a
Nabo	9,48 a	4,86 a	3,33 ab	2,64	3,07 ab
<i>C. spectabilis</i>	2,80 c	1,80 b	1,95 b	1,29	0,95 b
Milheto	4,02 cd	5,36 a	2,99 ab	2,73	2,92 ab
Sorgo	5,38 bc	5,68 a	3,14 ab	3,44	2,50 ab
<i>U. bryzantha</i>	5,87 bc	4,92 a	4,06 ab	2,96	2,82 ab
F	15,31**	9,08**	2,42*	1,91 ^{ns}	2,78**
DMS	2,41				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Dados do próprio autor

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados do desdobramento da interação significativa para quantidade de fósforo na palhada entre dias de amostragem de plantas de cobertura. Pelos resultados obtidos verifica-se decréscimo nas quantidades de P nas plantas de cobertura (milho + *Urochloa ruziziensis*, nabo, milheto, sorgo e *Urochloa bryzantha*). Para as coberturas de milho e *Crotalaria spectabilis* não apresentaram diferenças estatísticas significativas.

Tabela 9 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de fósforo na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Dias de Amostragem	Plantas de cobertura						
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Nabo	<i>C. spectabilis</i>	Milheto	Sorgo	<i>U. bryzantha</i>
	----- kg ha ⁻¹ -----						
0	4,21	7,03 ⁽¹⁾	9,48 ⁽²⁾	2,80	4,02 ⁽³⁾	5,38 ⁽⁴⁾	5,87 ⁽⁵⁾
15	2,03	5,86	4,85	1,80	4,19	5,68	4,92
45	4,57	4,12	3,33	1,95	3,69	3,14	4,06
75	3,22	3,68	2,64	1,29	3,18	3,44	2,96
115	3,35	4,00	3,07	0,95	2,51	2,50	2,82
F	3,04 ^{ns}	6,49**	24,63**	1,55 ^{ns}	3,78**	6,27**	5,25**

⁽¹⁾ $y = -0,026 x + 6,248 R^2 = 0,70^{**}$

⁽²⁾ $y = -0,046 x + 6,968 R^2 = 0,57^{**}$

⁽³⁾ $y = -0,0169 x + 4,447 R^2 = 0,50^{**}$

⁽⁴⁾ $y = -0,027 x + 5,401 R^2 = 0,80^{**}$

⁽⁵⁾ $y = -0,026 x + 5,455 R^2 = 0,90^{**}$

Fonte: Dados do próprio autor

Para o desdobramento da interação significativa para quantidades de potássio na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem (Tabela 10), nota-se que para o dia zero a maior quantidade de potássio (K) foi encontrada para a palhada de milho + *Urochloa ruziziensis*. Para a amostragem realizada aos 15 dias, as maiores quantidades de K foram encontradas nas palhadas de milho + *Urochloa ruziziensis*, milheto, sorgo e *Urochloa bryzantha* corroborando com os resultados obtidos por Torres et al. (2005), Boer et al. (2007), Torres et al. (2008) e Pariz et al. (2011) na região do Cerrado. Para as amostragens realizadas aos 45, 75 e 115 dias, não foram verificadas diferenças estatísticas significativas.

No desdobramento da interação significativa para quantidades de potássio na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura (Tabela 11), verifica-se decréscimo nas quantidades de K a medida que se aumentam os dias de amostragem.

Tabela 10 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de potássio na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Plantas de Cobertura (P.C)	Dias de Amostragem				
	0	15	45	75	115
	----- kg ha ⁻¹ -----				
Milho	66,09 cd	8,76 b	12,58	5,29	1,80
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	205,99 a	69,61 a	19,69	3,65	2,66
Nabo	77,13 c	20,23 b	8,36	1,14	1,27
<i>C. spectabilis</i>	38,27 d	7,63 b	12,11	1,41	0,82
Milheto	81,06 c	62,03 a	10,78	2,67	2,83
Sorgo	67,29 cd	67,25 a	25,79	3,15	1,90
<i>U. bryzantha</i>	140,41 b	63,08 a	7,28	1,84	1,34
F	49,38**	12,53**	0,66 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,008 ^{ns}
DMS			34,69		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Dados do próprio autor

Tabela 11 – Desdobramento da interação significativa para quantidades de potássio na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Dias de Amostragem	Plantas de cobertura						
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Nabo	<i>C. spectabilis</i>	Milheto	Sorgo	<i>U. bryzantha</i>
	----- kg ha ⁻¹ -----						
0	66,09 ⁽¹⁾	205,99 ⁽²⁾	77,13 ⁽³⁾	38,27 ⁽⁴⁾	81,06 ⁽⁵⁾	67,29 ⁽⁶⁾	140,41 ⁽⁷⁾
15	8,76	69,61	20,23	7,63	62,03	67,25	63,08
45	12,58	19,69	8,36	12,11	10,78	25,79	7,28
75	5,29	3,65	1,14	1,41	2,67	3,15	1,84
115	1,80	2,66	1,27	0,82	2,83	1,90	1,34
F	10,71**	110,90**	15,39**	3,55**	20,57**	16,01**	54,88**

⁽¹⁾ $y = -0,398x + 38,818$ $R^2 = 0,48^{**}$

⁽²⁾ $y = -1,461x + 133,406$ $R^2 = 0,62^{**}$

⁽³⁾ $y = -0,523x + 47,763$ $R^2 = 0,57^{**}$

⁽⁴⁾ $y = -0,250x + 24,563$ $R^2 = 0,57^{**}$

⁽⁵⁾ $y = -0,70x + 66,916$ $R^2 = 0,77^{**}$

⁽⁶⁾ $y = -0,656x + 65,896$ $R^2 = 0,87^{**}$

⁽⁷⁾ $y = -1,062x + 95,882$ $R^2 = 0,66^{**}$

Fonte: Dados do próprio autor

Referente ao desdobramento da interação significativa para quantidade de cálcio na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem (Tabela 12), nota-se que para o dia de

amostragem zero a palhada de milho + *Urochloa ruziziensis* apresentou maior quantidade de cálcio (Ca) quando comparado às demais plantas de cobertura utilizadas. Para a amostragem realizada aos 15 dias a maior quantidade deste nutriente por hectare foi observada para a palhada do nabo, porém o mesmo não diferiu estatisticamente das palhadas de milho + *Urochloa ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis*, milheto, sorgo e *Urochloa bryzantha*. Para as amostragem realizadas aos 45, 75 e 115 dias não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos utilizados.

Tabela 12 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de cálcio na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010

Plantas de Cobertura (P.C)	Dias de Amostragem				
	0	15	45	75	115
	kg ha ⁻¹				
Milho	19,26 d	13,22 b	11,96	12,03	9,37
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	81,69 a	27,77 ab	21,68	13,46	14,17
Nabo	28,39 cd	31,05 a	19,98	17,36	15,50
<i>C. spectabilis</i>	46,36 b	17,79 ab	13,24	11,01	5,00
Milheto	44,23 bc	28,68 ab	13,80	12,62	14,98
Sorgo	15,36 d	15,50 ab	14,36	15,24	10,48
<i>U. bryzantha</i>	29,33 cd	21,75 ab	16,83	12,09	12,23
F	35,30**	3,43**	0,93 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,97 ^{ns}
DMS	16,14				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Dados do próprio autor

No desdobramento da interação significativa para quantidade de cálcio na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura (Tabela 13), as plantas de cobertura milho + *Urochloa ruziziensis*, nabo, *Crotalaria spectabilis*, milheto e *Urochloa bryzantha* apresentaram ajuste linear negativo para as quantidades de cálcio a medida que se aumentaram os dias de amostragem.

Tabela 13 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de cálcio na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Dias de Amostragem	Plantas de cobertura						
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Nabo	<i>C. spectabilis</i>	Milheto	Sorgo	<i>U. bryzantha</i>
	----- kg ha ⁻¹ -----						
0	19,26	81,69 ⁽¹⁾	28,39 ⁽²⁾	46,36 ⁽³⁾	44,23 ⁽⁴⁾	15,36	29,33 ⁽⁵⁾
15	13,22	27,77	31,05	17,79	26,68	15,50	21,75
45	11,96	21,68	19,98	13,24	13,80	14,36	16,83
75	12,03	13,46	17,36	11,01	12,62	15,24	12,09
115	9,37	14,17	15,50	5,00	14,98	10,48	12,22
F	0,94 ^{ns}	56,53**	3,29**	18,11**	12,84**	0,31 ^{ns}	3,66**

⁽¹⁾ $y = -0,454x + 54,474$ $R^2 = 0,54^{**}$

⁽²⁾ $y = -0,135x + 29,230$ $R^2 = 0,83^{**}$

⁽³⁾ $y = -0,280x + 32,674$ $R^2 = 0,64^{**}$

⁽⁴⁾ $y = -0,232x + 34,463$ $R^2 = 0,62^{**}$

⁽⁵⁾ $y = -0,141x + 25,509$ $R^2 = 0,81^{**}$

Fonte: Dados do próprio autor

Para o desdobramento da interação significativa para quantidade de magnésio na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem (Tabela 14), nota-se que para o dia de amostragem zero a palhada do milho + *Urochloa ruziziensis* apresentou maior quantidade de magnésio perante as demais plantas de cobertura. Na amostragem realizada as maiores quantidades foram apresentadas nas coberturas de milho + *Urochloa ruziziensis* e milheto não diferindo o sorgo e *Urochloa bryzantha*. Referente à amostragem aos 45 dias as maiores quantidades ainda permaneceram para a cobertura de milho + *Urochloa ruziziensis*. Nas amostragens realizadas aos 75 e 115 dias não foram verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos utilizados.

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados do desdobramento da interação significativa para quantidade de magnésio na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Verifica-se que para todas as plantas de coberturas, as mesmas apresentaram ajuste linear negativo a medida com que foi aumentando os dias de amostragem.

Tabela 14 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de magnésio na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Plantas de Cobertura (P.C)	Dias de Amostragem				
	0	15	45	75	115
	----- kg ha ⁻¹ -----				
Milho	8,81 c	5,73 bcd	4,88 ab	3,82	2,82
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	22,79 a	11,16 a	6,23 a	4,36	4,30
Nabo	10,62 c	4,57 cd	2,08 ab	1,72	1,82
<i>C. spectabilis</i>	6,21 c	2,88 d	1,35 b	1,26	0,85
Milheto	16,21 b	11,25 a	3,62 ab	3,30	2,91
Sorgo	8,19 c	9,88 ab	5,56 ab	4,30	3,21
<i>U. bryzantha</i>	18,23 b	8,15 abc	3,26 ab	2,69	2,05
F	32,86**	9,65**	2,83**	1,32 ^{ns}	1,07 ^{ns}
DMS			4,55		

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Dados do próprio autor

Tabela 15 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de magnésio na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Dias de Amostragem	Plantas de cobertura						
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Nabo	<i>C. spectabilis</i>	Milheto	Sorgo	<i>U. bryzantha</i>
	----- kg ha ⁻¹ -----						
0	8,81 ⁽¹⁾	22,79 ⁽²⁾	10,62 ⁽³⁾	6,21 ⁽⁴⁾	16,21 ⁽⁵⁾	8,19 ⁽⁶⁾	18,23 ⁽⁷⁾
15	5,73	11,16	4,57	2,88	11,25	9,88	8,15
45	4,88	6,23	2,08	1,35	3,62	5,56	3,26
75	3,82	4,36	1,72	1,26	3,30	4,30	2,69
115	2,82	4,30	1,82	0,85	2,91	3,21	2,05
F	4,58**	53,04**	12,58**	4,25**	31,34**	6,64**	40,23**

⁽¹⁾ $y = -0,045x + 7,464$ $R^2 = 0,83^{**}$

⁽²⁾ $y = -0,136x + 16,580$ $R^2 = 0,66^{**}$

⁽³⁾ $y = -0,063x + 7,303$ $R^2 = 0,59^{**}$

⁽⁴⁾ $y = -0,038x + 4,439$ $R^2 = 0,65^{**}$

⁽⁵⁾ $y = -0,110x + 12,986$ $R^2 = 0,73^{**}$

⁽⁶⁾ $y = -0,054x + 8,945$ $R^2 = 0,83^{**}$

⁽⁷⁾ $y = -0,117x + 12,763$ $R^2 = 0,65^{**}$

Fonte: Dados do próprio autor

No desdobramento da interação significativa para quantidade de enxofre na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem (Tabela 16), verifica-se diferenças estatísticas para todas as plantas de cobertura utilizadas, sendo que na amostragem realizada no dia zero, a maior quantidade de enxofre foi verificada na palhada de nabo. Na amostragem realizada aos 15 dias a maior quantidade deste nutriente foi verificada para as coberturas de milho + *Urochloa ruziziensis* e milheto. Aos 45 dias de coleta as coberturas de milho, milho + *Urochloa ruziziensis*, nabo, *Urochloa bryzantha* e milheto foram as que apresentaram maiores quantidades de enxofre. Na coleta realizada aos 75 dias as maiores quantidades de enxofre foram encontradas nas palhadas de milho e milho + *Urochloa ruziziensis* e milho em cultivo solteiro para a amostragem realizada aos 115 dias.

Tabela 16 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de enxofre na palhada entre plantas de cobertura e dias de amostragem. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Plantas de Cobertura (P.C)	Dias de Amostragem				
	0	15	45	75	115
	kg ha ⁻¹				
Milho	9,23 bc	8,48 ab	21,30 a	13,79 a	16,77 a
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	14,18 ab	14,35 a	18,58 a	14,31 a	12,37 ab
Nabo	20,13 a	9,55 ab	14,18 a	8,34 ab	11,95 ab
<i>C. spectabilis</i>	4,62 c	4,79 b	7,40 b	4,00 b	2,47 c
Milheto	8,93 bc	15,84 a	14,61 ab	8,69 ab	12,41 ab
Sorgo	6,66 bc	8,23 ab	10,00 b	11,16 ab	7,66 bc
<i>U. bryzantha</i>	9,97 bc	10,86 ab	19,02 a	10,98 ab	14,45 ab
F	7,64**	4,11**	7,28**	3,61**	6,39**
DMS	7,94				

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Dados do próprio autor

Para o desdobramento da interação significativa para quantidade de enxofre na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura (Tabela 17), verifica-se diferenças estatísticas

significativas apenas para as coberturas de milho e nabo, sendo que ambas as plantas de cobertura apresentaram ajuste quadrático a medida com que se aumentou os dias de amostragem, sendo as maiores quantidades de enxofre encontradas aos 119 (22,62 kg S ha⁻¹) e 108 (5,82 kg S ha⁻¹) dias para as coberturas de milho e nabo respectivamente.

Tabela 17 – Desdobramento da interação significativa para quantidade de enxofre na palhada entre dias de amostragem e plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011

Dias de Amostragem	Plantas de cobertura						
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Nabo	<i>C. spectabilis</i>	Milheto	Sorgo	<i>U. bryzantha</i>
	kg ha ⁻¹						
0	9,23 ⁽¹⁾	14,18	20,13 ⁽²⁾	4,62	8,93	6,66	9,97
15	8,48	14,35	9,55	4,79	15,84	8,23	10,86
45	21,30	18,58	14,18	7,40	14,61	10,00	19,02
75	13,79	14,31	8,34	4,00	8,69	11,16	10,98
115	16,77	12,37	11,95	2,47	12,41	7,66	14,45
F	8,19**	1,50 ^{ns}	6,22**	0,91 ^{ns}	3,02 ^{ns}	0,94 ^{ns}	4,03 ^{ns}

⁽¹⁾ $y = -0,001x^2 + 0,239x + 8,34$ $R^2 = 0,52^{**}$

⁽²⁾ $y = 0,001x^2 - 0,216x + 17,485$ $R^2 = 0,50^{**}$

Fonte: Dados do próprio autor

4.2 Efeito residual de coberturas vegetais no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja no ano agrícola de 2010/11 cultivada em sistema plantio direto na região do Cerrado

Na Tabela 18 estão apresentados os resultados de altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem e número de vagem planta⁻¹ na cultura da soja em função de plantas de cobertura. Na avaliação da altura de plantas, verifica-se que quando a soja foi semeada sobre a palhada de milho apresentou maior altura de plantas. Na avaliação da altura de inserção da primeira vagem e número de vagem planta⁻¹ não foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos utilizados. Santos et al (1991) verificaram que em semeadura direta a produtividade de grãos e outras características agrônômicas da soja como altura da planta, altura de inserção da

primeira vagem e massa de 100 grãos foram influenciados pelo tipo de resíduo da cultura de inverno.

Tabela 18 – Altura de plantas, altura de inserção da 1ª vagem e número de vagens planta⁻¹ na cultura da soja em função de plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010/11

Plantas de Cobertura (P.C)	Altura de plantas (cm)	Altura de inserção da 1ª vagem (cm)	Número de vagem planta ⁻¹
Milho	88,2 a	22,0	47,3
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	80,2 ab	23,5	48,7
Nabo	74,9 ab	21,2	56,3
<i>C. spectabilis</i>	85,6 ab	23,4	62,9
Milheto	74,4 ab	22,2	44,8
Sorgo	68,0 b	23,4	60,2
<i>U. bryzantha</i>	67,5 b	21,9	58,1
Pousio	76,4 ab	21,9	60,0
F	3,25**	0,23 ^{ns}	1,67 ^{ns}
DMS	19,71	8,60	25,19
C.V. (%)	10,80	16,15	19,36

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Dados do próprio autor

Para as avaliações do número de grãos vagem⁻¹ e massa de 100 grãos (Tabela 19), não foram verificadas diferenças estatísticas significativas para os caracteres avaliados. Referente à avaliação da produtividade de grãos da cultura da soja, observa-se que quando a mesma foi semeada sobre palhada de milho, *Crotalaria spectabilis* e sorgo, apresentaram maiores produtividades de grãos. Segundo Santos et al (1998), a planta de soja, quando submetida a diferentes restevras em sistema de semeadura direta, pode apresentar diferentes características agronômicas, inclusive produtividade de grãos diferenciadas, confirmando os resultados observados neste trabalho.

Tabela 19 – Número de grãos vagem⁻¹, massa de 100 grãos e produtividade de grãos na cultura da soja em função de plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2010/11

Plantas de Cobertura (P.C)	Número de grãos vagem ⁻¹	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Milho	2,0	17,4	3.655 a
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	2,0	15,6	3.461 ab
Nabo	2,1	14,5	3.192 ab
<i>C. spectabilis</i>	2,5	16,8	3.644 a
Milheto	1,8	14,0	2.632 b
Sorgo	2,5	16,2	3.701 a
<i>U. bryzantha</i>	2,2	14,2	3.056 ab
Pousio	2,3	14,7	3.254 ab
F	1,33 ^{ns}	1,90 ^{ns}	3,88**
DMS	1,00	3,56	885,0
C.V. (%)	19,31	9,73	11,22

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Dados do próprio autor

Não obstante os benefícios proporcionados pelas culturas antecessoras ao cultivo de verão, sua utilização dependerá do tipo de cultivo, da época de semeadura e, principalmente, da disponibilidade hídrica no período entre o final do inverno e início da primavera (PIRES et al., 2008).

4.3 Efeito residual de coberturas vegetais no desenvolvimento e produtividade da cultura do milho no ano agrícola de 2011/12 cultivado em sistema plantio direto na região do Cerrado

Na Tabela 20 estão apresentados os resultados de altura de plantas, altura de inserção da espiga e produtividade de grãos na cultura do milho em função de diferentes plantas de cobertura. Para a avaliação da altura de plantas observa-se que o milho quando cultivado sobre *Crotalaria spectabilis* e *Urochloa bryzantha* apresentaram maior altura de plantas.

Tabela 20 – Altura de plantas, altura de inserção da espiga e produtividade de grãos na cultura do milho em função de plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, 2011/12

Plantas de Cobertura (P.C)	Altura de plantas (m)	Altura de inserção da espiga (m)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Milho	2,34 ab	1,26	11.077 ab
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	2,36 ab	1,26	11.029 ab
Nabo	2,45 ab	1,29	14.604 a
<i>C. spectabilis</i>	2,50 a	1,30	12.770 b
Milheto	2,46 ab	1,42	13.682 ab
Sorgo	2,17 b	1,38	10.163 b
<i>U. bryzantha</i>	2,52 a	1,35	14.426 a
Pousio	2,43 ab	1,31	10.890 ab
F	3,22**	0,62 ^{ns}	4,99**
DMS	0,29	0,36	3733,76
C.V. (%)	5,19	11,43	12,76

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Dados do próprio autor

Segundo Boddey et al. (2010) é certo que as leguminosas que contribuem para a entrada de nitrogênio pela fixação biológica apresentem importante papel em promover acúmulo de carbono em solo sob plantio direto, o que pode ser devido à liberação lenta de nitrogênio dos resíduos na superfície, favorecendo o crescimento das raízes de milho. Este efeito pode influenciar, inclusive, na altura de plantas, fato este que pode explicar a maior altura de plantas obtida na cultura do milho quando o mesmo foi cultivado sobre restos culturas da *Crotalaria spectabilis*. Para a *Urochloa bryzantha*, quando observamos o teor de N disponibilizado ao sistema, podemos verificar que esta possui um teor alto deste nutriente, o que pode ter favorecido o aumento do tamanho das plantas, uma vez que detinha de maior disponibilidade deste no solo, podendo assim ser aproveitado pela cultura.

A menor altura de plantas foi observada quando o milho foi cultivado sobre restos culturais de sorgo. Muraishi et al. (2005), verificaram que quando o milho foi cultivado sob a palhada de sorgo, ocorreram menores valores de altura de plantas, corroborando com os

resultados do estudo. Segundo dados da Embrapa (2003), não se recomenda utilizar o sorgo como cultura antecessora do milho em sistema de rotação.

Referente à avaliação da produtividade de grãos, nota-se que quando o milho foi semeado sobre as coberturas de nabo e *Urochloa bryzantha* apresentaram maiores produtividades de grãos, diferindo dos resultados obtidos por Carvalho et al. (2004), onde a crotalaria cultivada na primavera proporcionou aumento de 18,5% na produtividade do milho em sucessão, comparada à área de pousio, tanto em plantio direto quanto no sistema de preparo convencional do solo.

Diversas pesquisas relatam o efeito positivo de coberturas vegetais sobre a produtividade de milho (Silva et al., 2006; Carvalho et al., 2007; Sousa Neto et al., 2008), sendo que vários pesquisadores mencionam a contribuição do nitrogênio remanescente dos resíduos culturais. Os efeitos benéficos da utilização de coberturas vegetais são diversos, entre eles, o melhor aproveitamento do nitrogênio fertilizante e também o fornecimento de nitrogênio remanescente da parte aérea das coberturas vegetais. Segundo Silva et al. (2005), o aproveitamento do nitrogênio dos resíduos vegetais pelo milho é da seguinte ordem: crotalaria > milheto > massa seca de milho. Porém a maior parte do nitrogênio dos resíduos vegetais não foi absorvida pelo milho.

5 CONCLUSÕES

- O milho em cultivo solteiro ou em consórcio com *Urochloa ruziziensis* é uma boa opção de plantas de cobertura para o Sistema Plantio Direto, devido sua boa manutenção de palhada sobre a superfície do solo;
- Os restos culturais de nabo forrageiro e *Urochloa bryzantha* proporcionaram maiores incrementos de produtividade na cultura do milho cultivado na primeira safra na região do Cerrado.
- Os restos culturais de milho, *Crotalaria spectabilis* e sorgo proporcionaram maiores incrementos de produtividade na cultura da soja no verão na região do Cerrado.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.
- ALMEIDA, F. S.; LIMA, P. H. C. W. C.; REISMANN, C. B.; SOUZA, R. M. A. Adubação verde como contribuição à produção familiar de milho e feijão no Centro Sul do Paraná, nos sistemas convencional e agroecológico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 934-937, 2007.
- 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, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 127-132, 1995.
- AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. p. 23-40.
- BALBINO, L. C.; MOREIRA, J. A. A.; SILVA, J. G.; OLIVEIRA, E. F.; OLIVEIRA, I. P. Plantio direto. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 301-352.
- BARBOSA, C.A. **Manual da cultura do milho (*Zea mays*)**. Viçosa, MG: Agrojuris, 2007. 123 p.
- BAYER, C.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L. P.; ERNANI, P. R.; ALBURQUEQUE, J. A. Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 469-475, 2003.
- BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A.S. Persistência de resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 705-712, 1998.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para as culturas de soja e trigo em três sistemas de preparo em um cambissolo húmico alumínico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 2, 2001, p. 451-461.
- BERTRAND, J.; LAURENT, C.; LECLERCQ, V. **O mundo da soja**. São Paulo: HUCITEC, 1987.

- BOER, C. A.; ASSIS, R. D.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. D. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p.1269-1276, 2007.
- BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J.A.; BAYER, C.; MIELN ICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P.; DENARDINI, J. E.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; ALVES, B. J. R.; SEGUNDO, U. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agricultura. **Global Change Biology**, Chichester, v. 16, p. 784-795, 2010.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASINI, J. J. (Ed.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, 2006. p. 55-73.
- CARVALHO, I. Q.; SILVA, M. J. S.; PISSAIA, A.; PAULETTI, V.; POSSAMAI, J. C. Espécies de cobertura de inverno e nitrogênio na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 179-184, 2007.
- CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.
- CASSIA, M. T.; TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B. Nutrição mineral do feijoeiro sob influência de nitrogênio e palhadas de milheto solteiro e consorciado com crotalária. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. **Resumos...** Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2008. p. 1602-1605.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, nono levantamento, junho/2011. Brasília: Conab, 2011. 47 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento safra brasileira de grãos: Safra 2014/15**, n. 12 – Décimo segundo levantamento. Brasília: Conab, 2015. p. 1-134.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J. C.; CAVASANO, F. A.; ULIAN, N. A.; PARIZ, C. M.; SANTOS, F. G. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, p. 166-173, 2014.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. D. V.; ANDREOTTI, M. et al. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.
- DAROLT, M. R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: DAROLT, M. R. **Planio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: Iapar, 1998. p. 16-45 (Circular, 101).

DEMÉTRIO, C. S. **Desempenho agrônômico de híbridos de milho em diferentes arranjos populacionais em Jaboticabal – SP**. 2008. 53 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

DENARDINI, J. E.; KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-Embrapa. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa – CNPT/Fecotriga/Fundação ABC/Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

DOTTO, S. R.; BRUNETTA, D.; CAMPOS, L. A. C.; BASSOI, M. C. **Informações técnicas da comissão centro-sul brasileira de pesquisa de trigo e triticales para a safra de 2005**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 234 p.

DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. **Cultivo do milho: economia da produção**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistemas de Produção, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **O cultivo do milho verde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 204 p. 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa /CNPSO, 2006. 306 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia de produção e manejo de água e nutrientes na cultura do milho de alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1996. 129 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Expansão da área cultivada em plantio direto no Brasil de 1992/93 a 2003/2004**. Disponível em: <www.febrapdp.org.br>. Acesso em: 31 jan. 2007.

FRAGA JUNIOR, E. F.; TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; SILVA, C. A.; BOTREL, E. P. Crescimento e rendimento do feijoeiro, sob influencia de nitrogênio e palhadas e milheto solteiro e consorciado com crotalária. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., Campinas. **Resumos...** Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2008. p. 1216-1219.

GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J.; DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; PADRÃO, G. A. Aspectos econômicos da produção e utilização de milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 21-46.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.

IGREJA, A. C. M.; PACKER, M. F.; ROCHA, M. B. **A evolução da soja no Estado de Goiás e seu impacto na composição agrícola**. São Paulo: IEA, 1988. 20 p.

KAPPES, C. **Coberturas vegetais, manejo do solo e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. 2012. 204 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Manejo sustentável dos solos dos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2003. p. 61-104.

MACHADO, L. A. Z.; FABRÍCIO, A. C.; ASSIS, P. G. G. de; MARASCHIN, G. E. Estrutura do dossel em pastagens de capimmarandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 10, p. 1495-1501, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C.; DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C. Aspectos de produção e mercado do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 95-104, 2006.

MELLO, L. M. M.; YANO, E. H.; NARIMATSU, K. C. P.; TAKAHASHI, C. M.; BORGHI, E. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 121-129, 2004.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Ed. do Autor, 1991. 337 p.

MUELLER, C. C.; BUSTAMANTE, M. **Análise da expansão da soja no Brasil**. abr. 2002. Disponível em: www.worldbank.org/rfpp/news/debates/mueller.pdf. Acesso em: 12 abr. 2015.

MURAISHI, C. T.; LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; GOMES JÚNIOR, F. G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 199-207, 2005.

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre: Ed. da UFRS, 2005. 51 p.

NARIMATSU, K. C. P. **Plantio direto de soja sobre *Brachiaria bryzantha* no sistema integração agricultura-pecuária**. 2004. 59 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, A. F.; ULIAN, N. de A.; FURLAN, L. C.; MEIRELLES, P. R. de L.; CAVASANO, F. A. Decomposição da palhada de capins adubados com nitrogênio após o consórcio com a cultura do milho em sistema de integração lavoura-pecuária irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 2029-2037, 2011.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ/USP, 2002. 309 p.

PINHO, C. A soja é pop. **Isto é**, São Paulo, n. 1796, p. 80-81, 2004.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BOER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessora à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, p. 94-101, 2008.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RESCK, D. V. S. Plantio direto: desafios para os cerrados: In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, caxambu. **Resumos...** Caxambú UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 32-33.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E.; ARF, O.; VALÉRIO FILHO, W. V. Adubação verde em cultivo solteiro e consorciado e efeitos sobre a produção de sementes de feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. **Resumos...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. p. 673-676.

SALVADOR, N.; BENZ, S. H.; BICUDO, S. J. Preparo periódico do solo: desempenho operacional e mobilização do solo, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus, **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, 1993. p. 1710-1721.

SANTOS, H. P.; LHAMBY, J. C. B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, p. 289-295, 1998.

SANTOS, H. P.; WOBETO, C.; PEREIRA, L. R.; Rotação de culturas em Guarapuava X Efeitos das culturas de inverno em plantio direto sobre características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, p. 1551-1561, 1991.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, M. G. **Sucessão de culturas e preparo do solo no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro cultivado no período de inverno**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; COSER, R. P.S.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L.; SILVA, A. A. Grain yield and kernel crude protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dresses. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p.4 87- 492, 2005.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZZETI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nutrientes no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura em Latossolo vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 3, p. 477-486, 2006.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 2, p. 255-269, 2008.

SPEHAR, C. R.; LANDERS, J. N. Características, limitações e futuro do plantio direto nos cerrados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997. Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. p. 127-131.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

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

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **View interactive global map of corn production and trade**. Washington: USDA, 2015. Disponível em: < <http://www.fas.usda.gov/programs/export-sales-reporting-program> >. Acesso em: 30 jan. 2016.

VOLTAM, F. S. **Avaliação de coberturas vegetais para plantio direto na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium* Hutch cv. Acala 90)**. 2008. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, Brasil, 2007. 722 p.

APÊNDICE A – FOTOS DO EXPERIMENTO

Foto 1 - Vista geral das plantas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, Brasil, (2010)



Fonte: O próprio autor.

Foto 2 – Foto da cobertura vegetal coletada e armazenada em Litter Bag. Chapadão do Sul, MS, Brasil, (2010)



Fonte: O próprio autor.

Foto 3- Vista geral da área experimental – cultura do milho. Chapadão do Sul, MS, Brasil, (2012)



Fonte: O próprio autor.

Foto 4 - Vista geral da área experimental cultura da soja pronta para a colheita. Chapadão do Sul, MS, Brasil, (2011)



Fonte: O próprio autor.