

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA-FITOTECNIA**

**SOJA EM SUCESSÃO A CULTURAS ANUAIS E DE COBERTURA NA
PRODUTIVIDADE DE GRÃOS, PRODUÇÃO DE FITOMASSA E CICLAGEM
DE NUTRIENTES**

KÁTHIA RAQUEL LOPES FONSECA

**BOM JESUS – PI
2018**

**SOJA EM SUCESSÃO A CULTURAS ANUAIS E DE COBERTURA NA
PRODUTIVIDADE DE GRÃOS, PRODUÇÃO DE FITOMASSA E CICLAGEM
DE NUTRIENTES**

KÁTHIA RAQUEL LOPES FONSECA
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí-UFPI, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração (Fitotecnia).

BOM JESUS – PI
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

F676s Fonseca, Káthia Raquel Lopes.

Soja em sucessão a culturas anuais e de cobertura na produtividade de grãos, produção de fitomassa e ciclagem de nutrientes. / Káthia Raquel Lopes Fonseca. – 2018.

34 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia (Área de Concentração), Bom Jesus-PI, 2018.

Orientação: “Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco”.

1. Ciclagem de nutrientes. 2. Plantio direto. 3. *Glycine max*. 4. Solo - Manejo. I. Título.

CDD 631.58

**SOJA EM SUCESSÃO A CULTURAS ANUAIS E DE COBERTURA NA
PRODUTIVIDADE DE GRÃOS, PRODUÇÃO DE FITOMASSA E CICLAGEM
DE NUTRIENTES**

Por

KÁTHIA RAQUEL LOPES FONSECA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA, Área de Concentração (Fitotecnia)

Aprovado em: 26/03/2018



Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco (Orientador)
UFMT



Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda (Examinador externo)
UFPI



Prof. Dr. Sammy Sidney Rocha Matias (Examinador externo)
UESPI

A minha mãe Antonieta Lopes, a minha avó Josefa Leni Lopes (in memoriam), e aos meus irmãos Rafael Lopes e Daniel Lopes.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter concedido a vida, sabedoria, saúde e força para poder seguir esse caminho e realizar esse almejado sonho;

A minha mãe, Antonieta Lopes da Luz por todo apoio, carinho, incentivo e convicção que seria possível alcançar a vitória;

Aos meus irmãos, Rafael Lopes e Daniel Lopes pelo apoio;

À Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas (UFPI/CPCE) pela concessão da oportunidade de cursar Pós-Graduação em Agronomia-Fitotecnia. A todo o corpo docente e funcionários que compõem essa instituição e que contribuíram para minha formação acadêmica;

À meu orientador, Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco, um exemplo de profissional a ser seguido, pela dedicação, competência, e compromisso em desenvolver a pesquisa voltada para a formação acadêmica dos discentes que integram a UFMT e UFPI, assim como pelo total apoio cedido, amizade, esforço e incentivo empregado como orientador, que serão base fundamental da minha formação acadêmica e profissional;

Ao Prof. Dr. Rafael Ratcke, técnicos, funcionários do Laboratório de Solos - UFPI e meus alunos da graduação em especial, Naryel, Lucas e Alan, que deram apoio na execução de parte do trabalho e que contribuíram de todas as formas para o êxito deste trabalho;

Aos amigos Rezanio, Luana, Larisse que sempre estiveram me apoiando e ajudando;

As amizades construídas durante a execução dos trabalhos. Lembrarei para sempre todas essas pessoas que participaram e estiveram comigo contribuindo para realização desse sonho, os meus sinceros agradecimentos;

À todos, Muito Obrigada.

SUMÁRIO

Resumo:	i
Abstract:	ii
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1 Local de condução e delineamento experimental	6
3.2 Avaliações	9
3.2.1 Fitomassa seca e acúmulo de nutrientes	9
3.2.2 Produtividade da soja	9
3.2.3 Análise química do solo	9
3.3 Estatística	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
5. CONCLUSÃO	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

Resumo: A utilização de plantas de cobertura em sistemas de produção é uma importante estratégia para a manutenção da capacidade produtiva de áreas agrícolas. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos dos sistemas de produção na produtividade da soja e nos atributos químicos da planta e solo, em solos de Cerrado. O experimento foi realizado na Estação Experimental da Universidade Federal do Mato Grosso-Campus Rondonópolis, em delineamento de blocos ao acaso, em nove sistemas de produção. Foram avaliados: produção de fitomassa seca das plantas de cobertura, acúmulo de nutrientes da parte aérea das plantas de cobertura, produtividade de grãos de soja, os atributos químicos do solo na safra de 2015/2016. As amostras de solo foram coletadas em pleno florescimento da soja nas profundidades de 0,0-0,5 m, 0,5-0,10 m, e 0,10-0,20 m, em Latossolo Vermelho distrófico, com histórico de uso e manejo (culturas em safrinha). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a $p < 0,05$. O uso de *Urochloa ruzizienses* solteira proporcionou maior produção de fitomassa seca (FS), e foi o sistema que apresentou melhor resultado no acúmulo de nutrientes. O N e o P são os nutrientes mais acumulados em todos os sistemas de produção. O aumento de MO elevou os teores de Ca, Mg, P e K na camada superficial do solo. A produtividade de grãos de soja apresenta melhor desempenho com uso de *Crotalaria spectabilis*. A correlação de Pearson demonstrou que a produtividade é influenciada pelos teores de P no solo.

Termos para indexação: ciclagem de nutrientes, plantio direto, *Glycine max*, manejo do solo.

Abstract: The use of cover crops in production systems is an important strategy for maintaining the productive capacity of agricultural areas. The present study had as objective to evaluate the effects of the production systems on the soybean yield and on the chemical attributes of the plant and soil in Cerrado soils. The experiment was carried out at the Experimental Station of the Federal University of Mato Grosso-Rondonópolis Campus, in a randomized block design, in nine production systems. The following were evaluated: dry matter production of cover crops, nutrient accumulation of the cover crop area, soybean grain yield, soil chemical attributes in the crop year 2015/2016. Soil samples were collected in full flowering of the soybean in the depths of 0.0-0.5 m, 0.5-0.10 m, and 0.10-0.20 m, in a dystrophic Red Latosol, with a history of use and management (seasonal crops). The data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Scott-Knott test at $p < 0.05$. The use of single *Urochloa ruzizienses* provided higher dry matter (FS) production, and it was the system that presented better result in the accumulation of nutrients. N and P are the most accumulated nutrients in all production systems. The increase in OM increased the Ca, Mg, P and K contents in the soil surface layer. The yield of soybean grains presented better performance with the use of *Crotalaria spectabilis*. Pearson correlation showed that productivity is influenced by soil P levels.

Index terms: cycling of nutrients, tillage, *Glycine max*, soil management.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas e textural do Latossolo Vermelho antes da instalação do experimento.....	07
Tabela 2. Caracterização dos sistemas de produção, com semeadura das safrinhas de 2014 e 2015, após a soja 2013/14 e 2014/15.....	08
Tabela 3. Produção de fitomassa seca, acúmulo de nutrientes das plantas de cobertura e produtividade de grãos de soja na safra 2015/16.....	11
Tabela 4. Atributos químicos do solo em função dos sistemas de produção e profundidade de amostragem, no cultivo de soja no município de Rondonópolis/MT na safra 2015/16.....	13
Tabela 5. Estimativas dos coeficientes de correlação linear de para produção de fitomassa seca, acúmulo de nutrientes da parte aérea, atributos químicos do solo e produtividade média dos grãos de soja na profundidade 0,0-0,5 m.....	17
Tabela 6. Estimativas dos coeficientes de correlação linear de para produção de fitomassa seca, acúmulo de nutrientes da parte aérea, atributos químicos do solo e produtividade média dos grãos de soja na profundidade 0,5-0,10 m.....	18
Tabela 7. Estimativas dos coeficientes de correlação linear de para produção de fitomassa seca, acúmulo de nutrientes da parte aérea, atributos químicos do solo e produtividade média dos grãos de soja na profundidade 0,10-0,20 m.....	19

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Precipitação mensal e temperaturas mínimas e máximas do ar durante a condução do experimento, em Rondonópolis, MT, Brasil.....06
- Figura 2.** Dendrograma de agrupamento para os sistemas de cultivo, calculados pela distância euclidiana.....16

1. INTRODUÇÃO

A adoção de sistemas de cultivo sustentáveis é fundamental para o avanço tecnológico da agricultura brasileira. No Cerrado a utilização desses sistemas agrícolas tem contribuído para o país solidificar-se como o segundo maior produtor mundial de grãos. O Estado do Mato Grosso se destaca por apresentar a maior área plantada (9,3 milhões de hectares) e produção (30,5 milhões de toneladas) (CONAB, 2017). Porém, para que estes sistemas de cultivo sejam eficientes, é importante a introdução de tecnologias que visam o adequado manejo do solo, associadas a práticas conservacionistas, edáficas, mecânicas e vegetativas, entre as quais se destaca o uso de plantas de cobertura em sucessão as culturas de verão, em especial a soja (WUTKE et al, 2014).

O sistema plantio direto (SPD), tem sido um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da produtividade de soja no país por meio da utilização de plantas de cobertura (CAVALCANTE, 2016), sendo considerado um sistema conservacionista do solo, que contribui para a preservação e qualidade ambiental (SOUZA, 2013). No SPD recomenda-se a cobertura verde constante na superfície do solo, tendo como função, a diminuição da erosão do solo e conseqüentemente o armazenamento dos nutrientes e sua disponibilidade por meio da decomposição do material e da ação dos microrganismos, ocasionando melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (COSTA et al, 2015b; PIRES et al, 2015).

A escolha de plantas de cobertura associada a um sistema de rotação e sucessão de culturas diversificadas para uso em sistema plantio direto no Bioma Cerrado, tem como um dos principais pilares o acúmulo de palhada na superfície do solo (WUTKE et al, 2014). Além disso, as espécies que acumulam nutrientes e os liberam durante a decomposição, possibilitando a manutenção e melhorias na fertilidade do solo (SILVA et al, 2014). A implantação das plantas de cobertura causa efeitos na adição de matéria orgânica (MO), maior capacidade de troca catiônica (CTC), diminuição da acidez do solo, incremento do fósforo (P) disponível, adição de nitrogênio (N) devido à fixação biológica com as bactérias fixadoras, complexação orgânica de íons (Al e Mn) que se encontram em níveis tóxicos no solo, e a disponibilização de micronutrientes, dessa forma, melhorando a produtividade das áreas produtoras ao longo dos anos (OSTERROHT, 2002).

A velocidade de decomposição e liberação de nutrientes varia de acordo com a composição da palhada, especialmente entre leguminosas e gramíneas (CARNEIRO et

al, 2008). Em regiões de Cerrado, os maiores desafios quanto à adoção desse sistema em áreas de cultivo de soja é a formação e manutenção da palhada no solo em razão da alta taxa de decomposição desses resíduos vegetais devido às condições de clima tropical com estação seca no inverno (KLUTHCOUSKI et al, 2003; PIRES et al, 2008). Desse modo, o efeito residual da palhada sobre a cultura implantada em sucessão é variável, entretanto, espera-se que ocorra compatibilidade entre a liberação dos nutrientes e a época de maior demanda da cultura de interesse (MENDONÇA et al, 2015).

Pesquisas envolvendo o manejo da soja justificam-se pela relevância que esta leguminosa possui do ponto de vista econômico e fitotécnico. Considerando que a soja tem sido a cultura principal, é fundamental discussões de sua associação à sistemas de produção utilizando plantas de cobertura. De acordo com Souza e Guimarães (2013), a escolha de espécies depende, dentre outras características, do potencial de produção de fitomassa e da capacidade de absorver e acumular nutrientes. Essas características apresentam relevância no sistema solo-planta por estarem relacionadas à ciclagem de nutrientes, o que favorece a maior disponibilidade para as plantas e melhor eficiência no uso de fertilizantes (ALBUQUERQUE et al, 2013).

Estudos que possam explicar a interação entre a produção de fitomassa e o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura em alguns atributos na qualidade química do solo, se faz necessário. Rossetti et al. (2012) afirmam melhorias nos atributos químicos do solo e aumento de matéria orgânica (MO), pela utilização de plantas de cobertura em comparação a sistemas de produção. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos dos diferentes sistemas de produção de soja, utilizando culturas anuais e/ou plantas de cobertura semeada em safrinha, na produtividade de grãos de soja, produção de fitomassa da parte aérea, acúmulo de nutrientes no tecido vegetal, e as alterações dos atributos químicos do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema Plantio Direto (SPD) e os benefícios do uso de plantas de cobertura

O Sistema Plantio Direto (SPD) é um sistema conservacionista de manejo que mantém resíduos culturais na superfície do solo. O SPD aumenta a eficiência energética do sistema de produção (RUSU, 2014), e o não revolvimento do solo, preconizado por este manejo, promove maior acúmulo de N, P, Ca no sistema solo-planta (VILLAMIL e NAFZIGER, 2015). A eficácia do SPD está relacionada à produção, o aporte de palhada sobre a superfície do solo (COSTA et al, 2015b) e com a persistência deles sobre o solo,

proporcionando aumento do teor de MO do solo, porosidade total e o conteúdo de água disponível no solo (JEMAI et al, 2013).

Em solos de Cerrado é fundamental a formação de cobertura eficiente do solo, para garantir a sustentabilidade do SPD. Assim, tem-se recomendado quantidades elevadas de fitomassa proveniente de plantas de cobertura, na qual se deseja uma palhada persistente, pois nessas regiões de clima tropical, a decomposição é potencializada (BOER et al, 2007; TORRES et al, 2008). Como estratégia de manter a palhada no solo, é essencial a escolha correta da planta de cobertura. O desempenho elevado de espécies formadoras de palhada se deve preferencialmente pela adaptação ao clima e ao solo do Cerrado, ao potencial de produção de fitomassa seca, e a capacidade de extração e reciclagem de nutrientes (ARAÚJO et al, 2007).

Uma estratégia para acúmulo de palhada na superfície do solo é a utilização de plantas de cobertura associada a um sistema de rotação e de sucessão de culturas diversificadas para uso em SPD no Bioma Cerrado (WUTKE et al, 2014). Entretanto, para que este sistema seja eficiente, é fundamental um adequado manejo do solo, com a utilização de práticas conservacionistas, edáficas e vegetativas (CARVALHO et al, 2015). No SPD, a cobertura do solo deve ser sempre priorizada, de modo que a sucessão de culturas proporcione alta produção de palhada com elevada relação C/N (MINGOTTE et al, 2014). A qualidade da composição química das espécies vegetais utilizadas também é importante, pois contribui com a melhoria dos atributos microbiológicos do solo através do acúmulo de MO ao longo dos anos. A presença da palhada na superfície do solo, afeta diretamente a microbiota do solo, indicando que a utilização de plantas de cobertura, influencia na qualidade do solo (MERCANTE et al, 2008).

A palhada de plantas de cobertura depositada sobre o solo, funciona como um reservatório de nutrientes, que são disponibilizados durante o processo de decomposição, através dos microrganismos presentes no solo (COSTA et al, 2015b). Entretanto, a velocidade de decomposição e liberação de nutrientes varia de acordo com a composição da palhada, principalmente entre leguminosas e gramíneas (CARNEIRO et al, 2008). Portanto, o efeito residual da palhada sobre a cultura implantada em sucessão é variável, entretanto, espera-se que ocorra compatibilidade entre a liberação dos nutrientes e a época de maior demanda da cultura principal (MENDONÇA et al, 2015). O tipo de palhada presente na superfície do solo pode influenciar o manejo das culturas e, especialmente, o da adubação nitrogenada. No princípio do SPD, a imobilização de nutrientes e matéria orgânica no solo é maior que a mineralização (SIQUEIRA NETO et al, 2010). Essas

características podem interferir na produtividade das culturas e na eficiência da fixação biológica de N (BRITO et al, 2011).

Com o não revolvimento do solo, ocorre diminuição da fragmentação dos resíduos vegetais, e como benefício a consequente redução do contato solo/resíduo, promovendo menor decomposição do resíduo pela biota do solo (SOUZA et al, 2016). A utilização do SPD intercalando espécies de gramíneas com culturas de interesse comercial tem um grande potencial para melhorar a qualidade do solo através da ciclagem da água, sequestro de carbono, ciclagem de nutrientes e melhoria dos atributos microbiológicos do solo (COSER et al, 2016; LEMAIRE et al, 2014).

2.2 Plantas de cobertura utilizadas em SPD

As plantas de cobertura utilizadas em sistema plantio direto tem como características o crescimento radicular ativo e contínuo, alta capacidade de produção de fitomassa, reciclagem de nutrientes e preservação do solo, nutrientes e agregação, estrutura, permeabilidade, infiltração, entre outros (SLATON, 2000). As leguminosas desempenham papel fundamental como fornecedoras de nutrientes, quando o SPD está estabilizado, uma vez que as plantas dessa família têm a vantagem de prontamente disponibilizar nutrientes para culturas sucessoras, em virtude da rápida decomposição da palhada (DUDA et al, 2003). As gramíneas, integradas de forma planejada em sistemas de rotação de culturas, proporcionam incremento de fitomassa, elevada relação C/N, garantindo a cobertura do solo por um período maior (BORGHI et al, 2006). Assim, a quantidade de nutrientes liberados pelas gramíneas pode ser igual ou superior às acrescentadas pelas leguminosas, dependendo da produção de fitomassa e das concentrações de N, lignina, celulose da parte aérea (CARVALHO et al, 2012).

O uso de leguminosas destaca-se pela capacidade de assimilação do N atmosférico, por meio de associações com bactérias. A diferenciação no processo de decomposição entre leguminosas e gramíneas se dá em função da composição química das espécies vegetais, principalmente, em relação à concentração de N, das condições climáticas e da atividade microbiana no solo (CARNEIRO et al, 2008). As espécies vegetais em relação ao teor lignina/nitrogênio é o parâmetro que melhor explica o efeito de plantas de cobertura sobre a produtividade de grãos das culturas subsequentes (CARVALHO et al, 2012).

O cultivo de milho em sucessão a leguminosas, proporciona maior quantidade de N à cultura, além de melhor aproveitar o N proveniente de fertilizantes nitrogenados (ALBUQUERQUE et al, 2013). Plantas de cobertura como a braquiária *ruziensis*

(*Urochloa ruziziensis*) e crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), cultivadas sob SPD em sucessão a cultura do milho, no final da estação chuvosa, exercem efeitos positivos com aumentos na produtividade de grãos, já o feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*) por ser uma leguminosa, destaca-se quanto ao seu conteúdo de N, promovendo benefícios na sucessão com milho (CARVALHO et al, 2015).

2.3 Sistemas de produção de soja e efeitos nos atributos químicos do solo

A utilização de plantas de cobertura é importante para a proteção da superfície do solo e para o aporte de fitomassa proveniente da deposição dos resíduos vegetais sobre o solo (SOUZA et al, 2013). Além de proporcionar melhorias nos atributos físicos e químicos na camada superficial do solo, promovem aumento nos teores de matéria orgânica (ROSSETTI et al, 2012), acumulando nutrientes e os liberando durante sua decomposição, possibilitando assim, a manutenção e a melhoria da fertilidade dos solos de Cerrado (SILVA et al, 2014).

A escolha das plantas de cobertura associada a um sistema de cultivo depende do potencial de produção de fitomassa, da capacidade de absorver e acumular nutrientes e da capacidade de promover alterações benéficas aos atributos químicos do solo (SOUZA e GUIMARÃES, 2013). Essas características têm importância ao sistema solo-planta por estar relacionadas à ciclagem de nutrientes, o que aumenta a disponibilidade para as plantas e melhora a eficiência da utilização de fertilizantes (ALBUQUERQUE et al, 2013).

O efeito das plantas de cobertura sobre os atributos químicos do solo está relacionado com a espécie de planta utilizada, a classe do solo, as condições edafoclimáticas e com o sistema de cultivo (ANDREOLA et al, 2000). De forma geral, entre os benefícios atribuídos às plantas de cobertura sobre os atributos do solo estão o aumento da porosidade do solo, aumento no teor de matéria orgânica (adição de MO), aumento da CTC do solo, aumento dos teores de N, P e K em superfície e disponibilização de micronutrientes (LEITE et al, 2013).

Em solos intemperizados, a utilização de plantas de cobertura pode contribuir para diminuição da acidez potencial do solo, e proporcionar elevação dos teores de nutrientes em superfície do solo (ANDREOTTI et al, 2008). Melhorias nos atributos químicos do solo foi constatado por Alcântara et al. (2000), onde os autores observaram maiores acúmulos de N, P, K, Ca e Mg na superfície do solo devido a utilização de leguminosas em comparação ao uso de gramíneas, e atribuiu esse efeito a maior capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes. Estudos realizados por Oliveira et al. (2016)

destacam a capacidade das plantas de cobertura em incorporar compostos orgânicos ao solo e que quando decompostos, transformam-se em nutrientes disponíveis às plantas.

Dessa forma, considera-se que a condição desejável quando se busca sistemas de produção, é aquela em que o solo tenha sempre cobertura vegetal, pois, dessa forma contribui com a proteção e o aumento do aporte de MO. Além disso, o uso de plantas de cobertura em SPD promove aumento nos teores de Ca, N e energia no sistema solo-planta-atmosfera (SILVA et al, 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de condução e delineamento experimental

O experimento de campo vem sendo conduzido na Estação Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Campus Universitário de Rondonópolis, latitude 16°27'41.75" S e longitude 54°34'52.55" O, altitude de 292 metros. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS, 2013), com relevo plano, anteriormente ocupado com vegetação de Cerrado. O clima é classificado como tropical estacional, Aw, conforme a classificação de Köppen, sendo caracterizado por uma estação seca de inverno. Os dados de precipitação pluvial e temperaturas médias máximas e mínimas durante a condução do experimento, constam na Figura 1. O estudo vem sendo conduzido desde o ano agrícola de 2013/14, sendo que as coletas de dados foram realizadas nas safras 2014/2015 e 2015/2016.

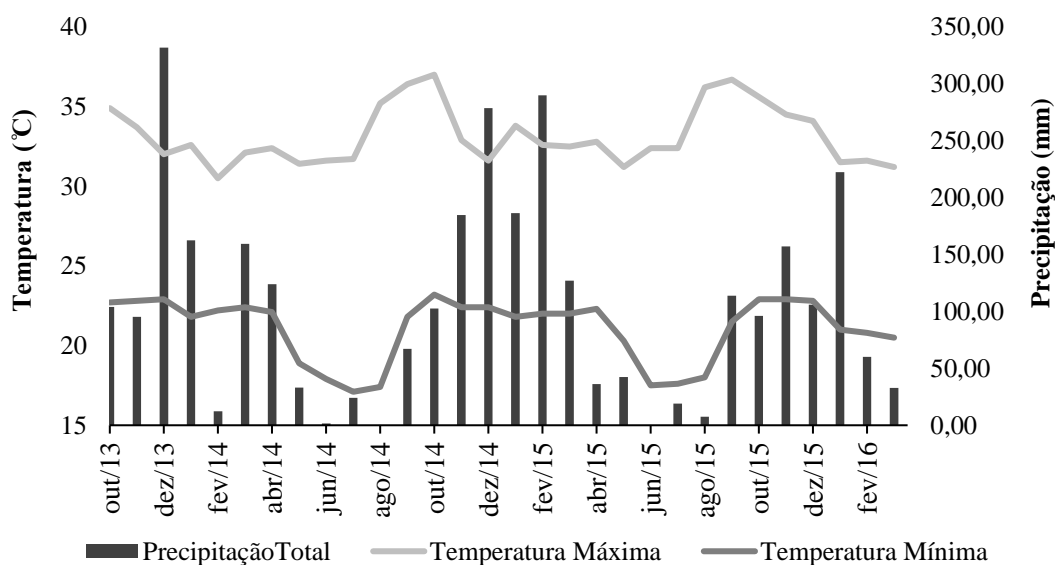


Figura 1. Precipitação mensal e temperaturas mínimas e máximas do ar durante a condução do experimento, em Rondonópolis, MT, Brasil.

Na área experimental foi realizada a limpeza antes da instalação, seguido de aração e gradagem, retirando raízes de forma manual. Logo após, realizou-se amostragem do solo para caracterização química e textural, conforme a Tabela 1. Em outubro de 2013 foi realizada a calagem (4 Mg ha^{-1}), com calcário filler (PRNT: 99,02%) e incorporado com grade aradora + grade niveladora.

Tabela 1. Características químicas e textural do Latossolo Vermelho antes da instalação do experimento.

Profundidade	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	T	V	MO	Areia	Silte	Argila
(m)	CaCl ₂	mg dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----				%	-----g kg ⁻¹ -----			
0,00-0,10	4,1	5,4	55	0,5	0,2	6,8	7,6	11	17,6	450	125	425
0,10-0,20	4,0	1,4	49	0,2	0,2	7,2	7,6	5,6	19,9	500	100	400
0,20-0,30	4,1	0,2	31	0,3	0,1	6,2	6,7	7,2	13,7	500	100	400

P = fósforo disponível (Mehlich 1); K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis; H+Al, acidez potencial; T, capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V, saturação por bases; e MO, matéria orgânica.

A semeadura da soja safra 2013/2014 foi realizada em novembro de 2013 em sistema convencional utilizando a variedade ANTA 82 RR®. A colheita da soja safra 2013/14 ocorreu em fevereiro de 2014, e em seguida, foi realizada a semeadura das culturas em safrinha 2014. A área experimental foi manejada com o herbicida glyphosate $1920 \text{ g. i.a ha}^{-1}$, onde todos os sistemas de produção foram dessecados (em sistema plantio direto-dessecação ou convencional-revolvimento do solo), conforme descrito na Tabela 2. E em seguida, semeado novamente a cultura da soja safra 14/15 utilizando a variedade ANTA 82 RR®.

A colheita da soja safra 2014/15 foi realizada em março de 2015, e posteriormente semeada a safrinha 2015, de acordo com a descrição dos sistemas na Tabela 2. Em setembro de 2015 realizou-se dessecação de manejo da área em todos os sistemas, exceto aqueles que tinham a *Urochloa ruziziensis*, no qual a dessecação ocorreu 30 dias antes dos demais sistemas.

O arranjo experimental utilizado foi em blocos casualizados, com nove sistemas de produção de soja com uso de plantas anuais e/ou plantas de cobertura semeadas em

safrinha, quatro repetições, totalizando 36 parcelas. Cada unidade experimental apresentou dimensões de 7 m de largura x 9 m de comprimento, com 63 m². A descrição dos sistemas de produção encontra-se descritos na Tabela 2. A semeadura das plantas em safrinha foi realizada em sulco com espaçamento entrelinhas 0,45 m.

Tabela 2. Caracterização dos sistemas de produção, com semeadura das safrinhas de 2014 e 2015, após a soja safra 2013/14 e 2014/15, respectivamente.

Safrinha 2014	Safrinha 2015
S1: Soja pousio em SPD	S1: Soja pousio em SPD
S2: Soja pousio em SPC	S2: Soja pousio em SPC
S3: <i>Crotalaria spectabilis</i> (15 kg ha ⁻¹)	S3: <i>Crotalaria spectabilis</i> (15 kg ha ⁻¹)
S4: <i>Crotalaria breviflora</i> (17 kg ha ⁻¹)	S4: Milho (60.000 plantas ha ⁻¹) + <i>C. spectabilis</i>
S5: <i>Pennisetum glaucum</i> ADR 8010 (18 kg ha ⁻¹)	S5: <i>Pennisetum glaucum</i> ADR 9010 (18 kg ha ⁻¹)
S6: <i>Urichloa ruziziensis</i> (15 kg ha ⁻¹)	S6: <i>Urichloa ruziziensis</i> (15 kg ha ⁻¹)
S7: <i>Cajanus cajan</i> (40 kg ha ⁻¹)	S7: Girassol (55.000 plantas ha ⁻¹) + <i>U. ruziziensis</i>
S8: <i>Stylosantes capitata</i> + <i>S. macrocephala</i> (5 kg ha ⁻¹)	S8: <i>Vigna unguiculata</i> (160.000 plantas ha ⁻¹)
S9: <i>Uroclhoa brizantha</i> cv. Marandu (16 kg ha ⁻¹)	S9: Milho (60.000 plantas ha ⁻¹) + <i>U. ruziziensis</i>

SPD, sistema plantio direto; SPC, sistema plantio convencional com o uso de grade aradora + grade niveladora.

A semeadura da soja safra 2015/16 foi realizada em outubro de 2015 e colheita realizada em fevereiro de 2016. A cultivar de soja utilizada foi a TMG 1179 RR®, semeada em espaçamento entrelinhas de 0,45 m e população de 400.000 plantas ha⁻¹. A adubação utilizada na soja em todas as safras foi de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 22 kg ha⁻¹ de N na forma de Monoamônio fosfato (MAP) no sulco de semeadura, e 100 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de Cloreto de potássio (KCl), aplicados 50% à lanço em pré-semeadura e o restante quando a soja estava em estágio fenológico V₄. Nas safras 2014/15 e 2015/16, a soja foi semeada em sistema plantio direto em todos os sistemas de produção, exceto no sistema 2, em que a parcela foi submetida à duas gradagens (grade aradora + niveladora) trinta dias antes da semeadura. As adubações nas culturas anuais semeadas em safrinha (milho, feijão caupi e girassol) seguiram recomendações de Sousa e Lobato (2004), visto que, nas plantas de cobertura não foram utilizados fertilizantes.

3.2 Avaliações

Quanto às avaliações foram quantificados a produtividade da soja na safra 2015/2016, fertilidade do solo em pleno florescimento da soja na safra 2015/2016, e acúmulo de nutrientes e fitomassa seca (FS) promovido pelas plantas de cobertura no momento de dessecação para semeadura da soja no mês de outubro de 2015 (safra 2015/16).

3.2.1 Fitomassa seca e acúmulo de nutrientes

As avaliações de FS das plantas de cobertura e dos restos culturais das culturas foram realizadas em 18/09/2015, segundo metodologia proposta por Crusciol et al. (2005), que consiste no uso de uma guia com $0,50 \times 0,50$ m ($0,25$ m²). A parte aérea e os resíduos das plantas de cobertura foram coletados em quatro pontos de amostragem por parcela, de forma não coincidente com os locais de determinação da produtividade de grãos. Em seguida, as amostras foram desidratadas em estufa (65°C por 72 horas) e pesadas para obtenção da FS. Os resíduos das plantas de cobertura foram triturados em moinho tipo Willey (malha de 2 mm) para a determinação das concentrações de N, P, K, Ca e Mg, seguindo-se as metodologias propostas por Nogueira et al. (2005). Em seguida, a quantidade de nutrientes acumulados pelas plantas de cobertura foi estimada em kg ha⁻¹.

3.2.2 Produtividade da soja

Para a avaliação da produtividade de grãos da soja (kg ha⁻¹), a área útil utilizada foi de 2 m², onde foram coletados. A colheita foi realizada ao final do ciclo da cultura (no estágio R8). Após a colheita o material foi seco, trilhado e pesado. O valor determinado para a produtividade de grãos foi corrigido para 13% de umidade (umidade padrão).

3.2.3 Análise química do solo

As amostras de solo foram retiradas em florescimento pleno da soja (15/12/2015 - Safra 2015/16), nas profundidades de 0,0-0,5, 0,5-0,10 e 0,10-0,20 m. Em seguida, encaminhadas para o laboratório de solos para a realização da análise química. As amostras do solo foram expostas ao ar quente, destorroadas, e passadas em peneiras de 2mm de malha. Em seguida, retirada subamostras para determinar argila, silte, e areia, segundo Santos (2013), e caracterização química, segundo Tedesco et al, (1995).

3.3 Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a $p < 0,05$ de probabilidade, com auxílio do software SISVAR 4.2 (FERREIRA, 2008). Para avaliar o grau de correlação entre as variáveis, utilizou-se o coeficiente de correlação linear de Pearson. Efetuou-se a análise de agrupamento pelo método de Ward utilizando como medida de dissimilaridade, a distância euclidiana média.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a Tabela 3, pode-se observar que houve efeito significativo entre os sistemas de produção na quantidade de fitomassa seca (FS) produzida pelas culturas anuais e/ou plantas de cobertura semeadas na safrinha em 2015. No estágio de florescimento pleno das plantas, o uso de *Urochloa ruziziensis* apresentou maior acúmulo de FS ($8071,25 \text{ kg ha}^{-1}$), seguido pelos sistemas de consórcio de milho + *U. ruziziensis* e pelo sistema utilizando milheto (*Pennisetum glaucum* ADR9010), com valores de $6213,50 \text{ kg ha}^{-1}$ e $6462,25 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Estudos de Pacheco et al. (2011), confirmam a potencialidade de *Urochloa ruziziensis* em áreas de Cerrado no estado de Goiás. Gorgen et al. (2010), demonstraram que espécies de *Urochloa* quando cultivadas em consórcio com o milho, proporcionaram produção de FS suficiente para a condução do SPD em condições tropicais.

No início da entressafra os sistemas com *P. glaucum* e *U. ruziziensis* apresentaram crescimento e estabelecimento mais rápido que as outras espécies, o que resultou em maior produção de FS. Vale ressaltar que *U. ruziziensis* apresenta hábito de crescimento perene e rebrota após as chuvas, o que possibilita seu maior incremento em produção de FS. Em condições de Cerrado há necessidade de produzir 12 t ha^{-1} de FS para cobrir eficientemente a superfície do solo (TEODORO et al, 2011). Portanto, a produtividade de fitomassa seca de *Urochloa ruzizienses*, *Pennisetum glaucum* ADR 9010 e milho + *U. ruzizienses* foram abaixo do valor limite preconizado.

Os sistemas de cultivo pousio em SPD e *Vigna unguiculata* não apresentam características satisfatórias para serem inseridos em sucessão à soja visando a produção de FS para o SPD (Tabela 3). Estudos realizados por Freitas et al. (2014) certificam que

a maior redução da FS de *V. unguiculata* ocorre nos períodos de déficit hídrico prolongado.

Com relação ao acúmulo de nutrientes nos resíduos vegetais da parte área, observou-se que o sistema solteiro com *Urochloa ruziziensis*, e os sistemas consórcios com girassol + *U. ruziziensis* e milho + *U. ruziziensis* apresentaram os maiores acúmulos de N, P, K, Ca e Mg no mês de setembro/2015 (dessecação) (Tabela 3). Esses benefícios são reforçados em razão da elevada capacidade de produção de fitomassa após o reinício das precipitações, além de apresentar uma alta capacidade de reciclar nutrientes para o solo no Cerrado. Os resultados comprovam que a alta taxa de ciclagem de nutrientes nesses sistemas está relacionada com o volume de precipitação e a data da dessecação de manejo para a semeadura da soja. Braz et al. (2004) obtiveram significativo acúmulo de N (348 kg ha^{-1}) e K (314 kg ha^{-1}) em *P. glaucum* semeado em safrinha em região de Cerrado com elevado índice pluviométrico e condições de altas temperaturas. Trabalhos realizados por Pacheco et al. (2011) indicaram que *U. ruziziensis* e *P. glaucum* apresentam potencial de acúmulo de N (102 kg ha^{-1}) e K (116 kg ha^{-1}) quando semeadas em safrinha em Rio Verde-GO.

Tabela 3. Produção de fitomassa seca, acúmulo de nutrientes das plantas de cobertura e produtividade de grãos de soja na safra 2015/16.

SISTEMAS	Nitrogênio (kg ha^{-1})	Fósforo (kg ha^{-1})	Potássio (kg ha^{-1})	Cálcio (kg ha^{-1})	Magnésio (kg ha^{-1})	Fitomassa (kg ha^{-1})	Produtividade (kg ha^{-1})
Teste de Scott-Knott							
S1	54,30 e	3,82 e	22,65 e	8,55 f	11,25 e	2675,00 e	1889,5 c
S2	0,00 g	0,00 f	0,00 g	0,00 h	0,00 g	0,00 f	2276,5 b
S3	53,40 e	6,60 d	18,62 f	13,60 d	14,27 d	3400,00 d	2686,2 a
S4	69,35 d	8,92 c	58,72 b	25,75 c	19,50 c	4446,75 c	2155,7 c
S5	95,65 c	6,92 d	34,90 d	36,95 b	20,67 c	6462,25 b	2347,7 b
S6	93,60 c	17,60 a	45,65 c	46,00 a	34,70 a	8071,25 a	2074,0 c
S7	122,70 b	12,47 b	73,32 a	11,22 e	19,35 c	5092,50 c	2301,7 b
S8	38,92 f	5,95 d	32,55 d	4,77 g	9,42 f	2478,25 e	2425,0 b
S9	156,60 a	9,95 c	18,62 f	34,77 b	27,97 b	6213,50 b	2051,2 c
CV (%)	2,64	4,17	3,65	2,46	3,5	1,39	7,66

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

A produtividade diferiu significativamente entre os sistemas de produção estudados (Tabela 3). O sistema de cultivo utilizando *Crotalaria spectabilis* foi o que mais favoreceu para o aumento de produtividade. Embora o sistema de cultivo utilizando *C. spectabilis* não apresentou elevado aporte de FS ao solo, foi constatado aumento na produtividade, e isso pode ser explicado devido às espécies de crotalária favorecer a microbiota do solo. Almeida et al. (2008) afirmam que, a utilização de leguminosas como plantas de cobertura é uma estratégia benéfica, com seu efeito nos estoques de matéria orgânica e húmus, além de atuar na diversidade e dinâmica dos microrganismos do solo. O incremento na biomassa microbiana é condicionante na ciclagem de nutrientes, pois estão disponibilizados na fitomassa, após a decomposição, são liberados para o solo e a biomassa microbiana constitui-se em um reservatório lábio de nutrientes, rapidamente liberados para o solo devido ao baixo tempo de vida dos microrganismos (CARNEIRO et al, 2008).

Em referência aos teores dos atributos químicos do solo, observou-se que houve efeito significativo entre os sistemas de cultivo e as três profundidades. Os sistemas de cultivo aumentaram o teor de Ca^{2+} na profundidade (0,5-0,10 m), como pode ser observado na Tabela 4. Este comportamento é resultante do acúmulo de FS pelas plantas de cobertura, e que elevou a CTC do solo, dessa forma, explicando a elevação de Ca e Mg na superfície do solo. O uso de milho + *U. ruziziensis* apresentou maior acúmulo de Ca quando comparado aos demais sistemas. É importante destacar que os níveis de Ca^{2+} em superfície para todos os sistemas apresentaram em níveis adequados para todos os sistemas de produção, de acordo com os critérios estabelecidos por Sousa e Lobato (2004). Todavia, os sistemas que apresentaram incrementos são importantes para aumentar a eficiência no uso desses nutrientes ao longo do tempo de adoção do SPD.

Dentre os sistemas de produção, nota-se que os sistemas utilizando *U. ruziziensis* e milho + *U. ruziziensis* proporcionou os maiores valores nos teores de Mg. A disponibilidade de Mg nos diferentes sistemas de produção é maior na camada 0,0-0,5 m. Os resultados apresentados na Tabela 4 demonstram que na profundidade superficial em todos os sistemas de produção, os teores de Mg encontram-se em níveis adequados para solos de Cerrado, no entanto, nas camadas subsuperficiais os teores de Mg se encontra baixos conforme Sousa e Lobato (2004).

Tabela 4. Atributos químicos do solo em função dos sistemas de produção e profundidade de amostragem, no cultivo de soja no município de Rondonópolis/MT na safra 2015/16.

SISTEMAS	Ca (cmol dm ⁻³)			Mg (cmol dm ⁻³)			P (mg dm ⁻³)			K (mg dm ⁻³)		
	Profundidade (cm)											
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
S1	1,85 ^{ns}	1,97 ^a	0,32 ^{ns}	1,22 ^a	0,32 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,84 ^d	6,40 ^{ns}	2,75 ^b	2,19 ^{ns}	2,11 ^{ns}	1,88 ^{ns}
S2	2,2	1,37 ^b	0,22	1,35 ^a	0,28	0,15	0,96 ^d	9,1	4,60 ^a	2,39	2,19	1,88
S3	2,07	1,52 ^b	0,26	1,27 ^a	0,26	0,17	1,32 ^c	8,95	3,45 ^b	2,31	2,26	1,93
S4	1,92	1,82 ^a	0,28	1,10 ^a	0,3	0,18	1,28 ^c	7,72	3,82 ^b	2,31	2,25	1,98
S5	1,97	1,40 ^b	0,2	1,42 ^a	0,27	0,14	1,35 ^c	9,87	5,32 ^a	2,29	2,22	1,85
S6	2,3	2,02 ^a	0,32	1,70 ^a	0,37	0,24	1,75 ^a	8,15	1,95 ^b	2,37	2,33	2,04
S7	1,85	2,20 ^a	0,33	1,15 ^a	0,34	0,21	1,29 ^c	10,4	5,10 ^a	2,4	2,20	1,93
S8	1,37	1,32 ^b	0,27	0,82 ^b	0,22	0,17	1,40 ^c	10,12	2,27 ^b	2,31	2,20	1,87
S9	2,27	2,57 ^a	0,28	1,42 ^a	0,41	0,21	1,54 ^b	7,3	3,15 ^b	2,22	2,11	1,77
CV (%)	22,18	29,57	24,81	22,53	29,00	28,98	8,64	29,69	29,11	17,64	11,24	12,52
SISTEMAS	T (cmol dm ⁻³)			V (%)			M.O. (g kg ⁻¹)					
	Profundidade (cm)											
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20			
S1	8,20 ^{ns}	7,32 ^{ns}	5,95 ^{ns}	46,85 ^{ns}	49,10 ^{ns}	32,87 ^{ns}	25,10 ^{ns}	22,55 ^{ns}	18,52 ^{ns}			
S2	8,05	7,35	5,6	55,02	39,4	23,92	23,35	20,47	16,95			
S3	8,17	7,82	6,25	52,82	38,07	26,37	27,8	23,15	18,17			
S4	8,8	8,25	6,3	43,1	41,07	28,35	23,65	21,77	19,57			
S5	8,02	6,6	4,87	52,82	41,75	25,85	25,1	19,55	15,6			
S6	9,65	8,77	7,15	51,07	46,35	31,22	32,87	24,27	21,75			
S7	8,37	7,87	7,15	47,07	49,92	31,05	25,92	20,35	18,22			
S8	8,22	7,47	6,3	35,3	33,35	27,5	24,12	20,02	16,72			
S9	8,67	8,65	6,85	51,35	52,9	26,37	26,82	25,05	19,12			
CV (%)	16,94	20,32	17,62	16,72	19,41	27,15	17,17	14,41	15,05			

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns: não significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

Os teores médios de P disponível foram maiores na profundidade de 0,5-0,10 m do solo para todos os sistemas de produção (Tabela 4). Tal efeito é em consideração que o P é um elemento de baixa mobilidade no solo, e pode ser explicado devido o modo de aplicação localizada no sulco de plantio na profundidade de 10 cm do solo, prática essa presente nas áreas produtoras de soja do estado do Mato Grosso. Em concordância com Sousa e Lobato (2004), os teores deste elemento se encontram em um nível médio no solo

na profundidade superficial para áreas de Cerrado brasileiro. O sistema utilizando girassol + *U. ruziziensis* obteve o maior valor de P em comparação aos demais sistemas, principalmente pousio em SPD que se comportou com valores inferiores ao esperado. Esses resultados são contraditórios aos de Anghinoni (2007), ao relatar que o SPD obteve teores altos de P e que estava relacionado ao fato de que nesse tipo de sistema o não revolvimento do solo reduz o contato entre o coloide do solo e o íon fosfato, diminuindo assim as reações de adsorção. Rodrigues et al. (2016) estudando as frações de P em SPD e SPC a longo prazo, obtiveram valores de P maiores em SPD em comparação ao SPC.

Conforme a tabela 4, não houve efeito significativo das plantas de cobertura nos teores de K do solo para todos os sistemas de produção. No entanto, é possível verificar que a camada superficial 0,0-0,5 m apresenta acúmulo maior em relação às outras camadas do solo, entretanto, esperava-se incremento de K maior em camada superficial do solo. Frazão et al. (2008) explicam que isso pode acontecer devido ao maior depósito de K na superfície do solo. De acordo com Deubel et al. (2011), é possível afirmar que em sistemas de produção com SPD e SPC há maiores concentrações de K nas camadas superficiais do solo. Gama-Rodrigues et al. (2007) estudando a decomposição de leguminosas utilizadas como adubos verdes constataram uma alta liberação de K, atestando que a lixiviação seria o principal mecanismo de liberação desse nutriente e que por não fazer parte de nenhum componente estrutural da planta não precisa ser mineralizado para ser liberado, sendo dessa forma perdido para o solo de forma mais rápida.

A saturação por bases (V%) no sistema de pousio em SPC foi superior à 50% na camada superficial do solo (Tabela 4), podendo ter sido influenciado pela MO do solo. Matias et al (2009) explicam que em solos com cobertura a ocupação das cargas negativas existentes na superfície do solo por íons (H^+ e Al^+) geram a acidez. Deste modo, as bases que são trocadas por íons de H^+ e Al^+ acabam permanecendo na solução do solo e se tornam susceptíveis à lixiviação.

O sistema de cultivo com *U. ruziziensis* foi o que proporcionou maior valor de CTC (T) nas profundidades superficiais do solo (0,0-0,5 e 0,5-0,10 m), e isso pode ser explicado devido à maior adição de FS (Tabela 4). A MO tem forte influência no teor da CTC do solo, e seu aumento promove a retenção de cátions, reduzindo a lixiviação (RHEINHEIMER et al, 1998). Esses resultados reforçam os resultados obtidos por Torres

et al. (2008), no qual relata que o uso de plantas de cobertura promove o aumento da fertilidade, devido ao aumento da CTC e V%.

Para os teores de MO do solo não houve significância, no entanto, os mais elevados teores foram observados nas camadas superficiais (0,0-0,5 e 0,5-0,10 m do solo) em todos os sistemas de produção, destacando-se o sistema com *U. ruziziensis* (Tabela 4). Vale salientar que *U. ruziziensis* se destacou na produção de FS, e seu incremento na MO do solo é em razão da elevada capacidade de produção de FS após o reinício das precipitações. Corroborando com tal informação Mingotte et al. (2014) afirmaram haver diferenças entre os sistemas de produção em relação a porcentagem de FS, com destaque de maiores valores para *U. ruziziensis* solteira e em consórcio com o milho.

Ao comparar os sistemas de produção pousio em SPD e SPC não houve um aumento relativo nos teores da MO do solo, e esses resultados podem estar relacionados com a baixa produção de FS e com o tempo de adoção desses sistemas, que ao longo do tempo se tornarão cada vez piores. He et al. (2011), trabalhando com experimentos de longa duração (11 anos) atestam a capacidade do manejo conservacionista em aumentar os níveis de MO, atribuindo esse efeito ao incremento de C no solo como resultado da deposição dos resíduos das culturas e redução da oxidação biológica do carbono orgânico em CO₂. Campos et al. (2013) relatam que o aumento da MO do solo geralmente não acontece nos primeiros anos da adoção do SPD, mas é possível verificar a partir do 6-7 anos após o início do sistema.

O dendrograma resultante da análise de agrupamento a partir dos componentes de produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes das plantas de cobertura, produtividade de soja e atributos químicos do solo em função dos sistemas de produção ilustra a formação de 4 grupos (Figura 2) em razão do grau de similaridade. Observou-se que o Grupo 1 (com o uso de *P. glaucum* e um subgrupo com *U. ruziziensis* e Milho + *U. ruziziensis*) apresentou um grau de dissimilaridade de 80%. A similaridade entre esses sistemas é devido a capacidade de produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e que mais influenciaram positivamente nos atributos químicos do solo, evidenciando que são sistemas promissores de produção. O grupo 2 (pousio em SPC) apresentou 50% de dissimilaridade, e não apresentando nenhuma similaridade com os demais sistemas de cultivo, constatando o que já era esperado, que o revolvimento do solo alterou as características desse sistema. Com 30% de dissimilaridade foram formados dois grupos (Grupo 3 e 4). O grupo 3 é formado por dois sistemas de cultivo similares (Milho + *C. spectabilis* e Girassol + *U. ruziziensis*), como pode ser observado, constatando que foram

sistemas que apresentaram produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes mediano, e que interferiram favoravelmente nos atributos químicos do solo. O grupo 4 é formado por três sistemas de cultivo que apresentam similaridade (*Crotalaria spectabilis* e um subgrupo com pousio em SPD e *Vigna unguiculata*), comprovando que foram sistemas que proporcionaram baixa produção de fitomassa, e baixo acúmulo de nutrientes.

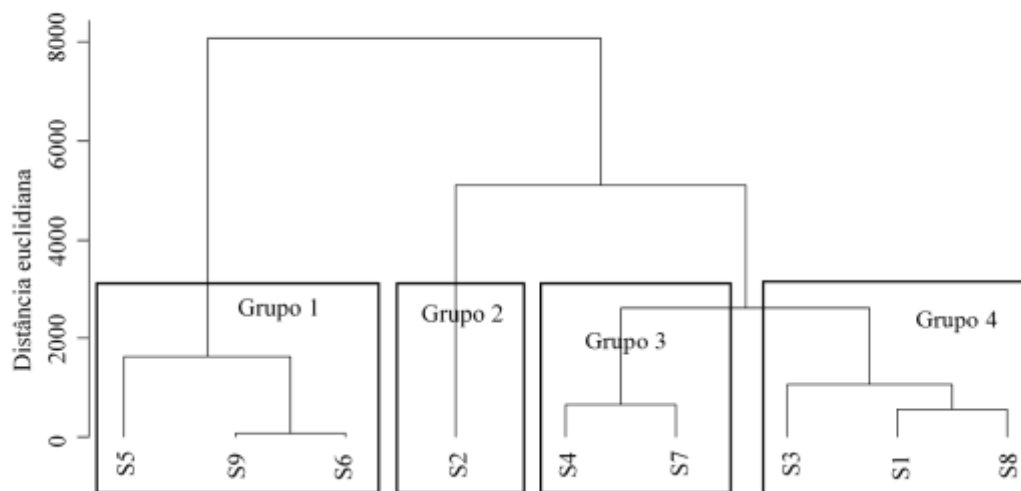


Figura 2. Dendrograma de agrupamento para os sistemas de cultivo, calculados pela distância euclidiana. S1 (pousio em SPD), S2 (pousio em SPC), S3 (*Crotalaria spectabilis*), S4 (Milho + *C. Spectabilis*), S5 (*Pennisetum glaucum*), S6 (*Urochloa ruziziensis*), S7 (Girassol + *U. ruziziensis*), S8 (*Vigna unguiculata*), S9 (Milho + *U. ruziziensis*).

A correlação linear de Pearson foi realizada para verificar a interação entre os atributos químicos do solo, produtividade de grãos de soja, acúmulo de nutrientes na parte aérea dos sistemas de produção, e produção de fitomassa seca. Houve efeito significativo dos sistemas de produção ($p < 0,01$) na associação entre a disponibilidade de Ca e Mg no solo para as três profundidades estudadas (0,0-0,5, 0,5-0,10 e 0,10-0,20 m), apresentando uma relação linear elevada (Tabela 5, 6 e 7). Isso indica que há uma relação positiva na ciclagem de nutrientes de Ca e Mg devido a absorção e liberação desses nutrientes de forma similar, pois ambos são polivalentes e com cinética semelhante ao sistema solo-planta. Franchini et al. (2001) mostraram a mobilização do Ca para o subsolo na forma orgânica (fulvato de Ca) e do Mg simultaneamente com o Ca, resultantes de compostos presentes nas plantas na forma de ânions orgânicos, formando assim complexos organometálicos com cátions polivalentes como Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Tabela 5. Estimativas dos coeficientes de correlação linear de para produção de fitomassa seca, acúmulo de nutrientes da parte aérea, atributos químicos do solo e produtividade média dos grãos de soja na profundidade 0,0-0,5 m.

	Ca	Mg	P	K	T	V	MO	FS	N0	P0	K0	Ca0	Mg0	PROD
Ca		0,90**	0,23 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,87**	0,51 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,24 ^{ns}
Mg			0,36 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,81**	0,70*	0,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,30 ^{ns}
P				0,24 ^{ns}	0,69*	-0,04 ^{ns}	0,69*	0,55 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,75*	0,48 ^{ns}	0,68*	0,66*	0,12 ^{ns}
K					0,40 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,67*	0,14 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,31 ^{ns}
T						-0,01 ^{ns}	0,76*	0,37 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,53 ^{ns}	-0,43 ^{ns}
V							0,32 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,47 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,02 ^{ns}
MO								0,42 ^{ns}	0,41**	0,60**	0,31**	0,56**	0,55**	-0,10 ^{ns}
FS									0,98**	0,93**	0,93**	0,88**	0,97**	-0,08 ^{ns}
N0										0,93**	0,91**	0,89**	0,98**	-0,14 ^{ns}
P0											0,92**	0,88*	0,97**	-0,08 ^{ns}
K0												0,77*	0,89**	-0,08 ^{ns}
Ca0													0,95**	-0,19 ^{ns}
Mg0														-0,16 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Houve interação significativa tanto a $p < 0,01$ quanto a $p < 0,05$ de probabilidade pelo teste F, demonstrando correlação positiva entre o teor de MO do solo e os teores Ca, Mg, P, K, CTC e o acúmulo de nutrientes da parte aérea (N0, P0, K0, Ca0 e Mg0) para as camadas do solo (Tabela 5, 6 e 7). Na camada 0,0-0,5 m do observou-se correlação positiva elevada da MO com os nutrientes acumulados na parte aérea das plantas de cobertura, e é explicada pelo maior acúmulo de FS na superfície do solo. Observa-se correlação positiva moderada entre os teores de MO e a CTC do solo, isso se deve a MO ser o principal contribuinte para o aumento da CTC, principalmente em solos altamente intemperizados como os Latossolos. A relação MO com Ca e Mg deve-se ao aumento da

fitomassa no solo, e conseqüentemente o aumento da CTC do solo, elevando a disponibilidade de Ca e Mg na camada superficial. Nas camadas 0,5-0,10 e 0,10-0,20 m só foi possível observar correlação positiva da MO quanto aos teores de Ca, Mg. Esses resultados é indicativo da importância do aumento da matéria orgânica nos sistemas de produção. A deposição de resíduos vegetais na superfície do solo pode aumentar os teores de MO do solo, por consequência há a liberação de nutrientes e lixiviação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, resultando no aumento da CTC e dos teores de Ca e Mg trocáveis em camadas mais profundas do solo (corrigindo o Al trocável), dessa forma aumentando os teores de P nas camadas superficiais do solo (LOURENTE et al, 2010; CAIRES et al, 2013).

Tabela 6. Estimativas dos coeficientes de correlação linear de para produção de fitomassa seca, acúmulo de nutrientes da parte área, atributos químicos do solo e produtividade média dos grãos de soja na profundidade 0,5-0,10 m.

	Ca	Mg	P	K	T	V	MO	FS	N0	P0	K0	Ca0	Mg0	PROD
Ca		0,93**	-0,49 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,69*	0,92**	0,67*	0,43 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,54 ^{ns}	-0,61 ^{ns}
Mg			-0,52 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,69*	0,92**	0,71*	0,27 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,44 ^{ns}	-0,67*
P				0,33 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	-0,71*	-0,11 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,72*
K					0,25 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,39 ^{ns}
T						0,41 ^{ns}	0,79*	0,29 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,43 ^{ns}	-0,29 ^{ns}
V							0,52 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,42 ^{ns}	-0,69*
MO								0,31 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,43 ^{ns}	-0,38 ^{ns}
FS									0,98**	0,93**	0,93**	0,88**	0,97**	-0,08 ^{ns}
N0										0,93**	0,91**	0,89**	0,98**	-0,14 ^{ns}
P0											0,92**	0,88**	0,97**	-0,08 ^{ns}
K0												0,77*	0,89**	-0,08 ^{ns}
Ca0													0,95**	-0,19 ^{ns}
Mg0														-0,16 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) ns não significativo ($p \geq 0,05$)

A correlação entre FS só foi significativa ($p < 0,01$) ao considerar os teores de acúmulo de nutrientes na parte aérea, apresentando uma correlação quase perfeita ($r \geq 0,88$) com os nutrientes (N0, P0, K0, Ca0 e Mg0) para todas as camadas de estudo (Tabela 5, 6 e 7). Isso demonstra que em todos os sistemas de produção a relação produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes foi linear. Esses resultados têm grande importância no sistema solo-planta, uma vez que a produção de fitomassa está ligada à ciclagem de nutrientes, o que aumenta a disponibilidade para as plantas e melhora a eficiência do uso de fertilizantes (ALBUQUERQUE et al, 2013).

Tabela 7. Estimativas dos coeficientes de correlação linear de para produção de fitomassa seca, acúmulo de nutrientes da parte aérea, atributos químicos do solo e produtividade média dos grãos de soja na profundidade 0.10-0.20 m.

	Ca	Mg	P	K	T	V	MO	FS	N0	P0	K0	Ca0	Mg0	PROD
Ca		0,89**	-0,48 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,82**	0,88*	0,71*	0,45 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,46 ^{ns}	-0,46 ^{ns}
Mg			-0,54 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,87**	0,73*	0,87**	0,46 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,55 ^{ns}	-0,54 ^{ns}
P				-0,22 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,57 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	0,28 ^{ns}
K					0,36 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,03 ^{ns}
T						0,50 ^{ns}	0,75*	0,36 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,44 ^{ns}	-0,19 ^{ns}
V							0,55 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,49 ^{ns}	-0,54 ^{ns}
MO								0,33 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,46 ^{ns}	-0,47 ^{ns}
FS									0,98**	0,93**	0,93**	0,88**	0,97**	-0,08 ^{ns}
N0										0,93**	0,91**	0,89**	0,98**	-0,14 ^{ns}
P0											0,92**	0,88**	0,97**	-0,08 ^{ns}
K0												0,77*	0,89**	-0,08 ^{ns}
Ca0													0,95**	-0,19 ^{ns}
Mg0														-0,16 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$) e correlação positiva moderada ($r = 0,72$) entre a produtividade e os teores de P na profundidade 0,5-0,10 m do solo (Tabela

6). Casali et al. (2012) afirma que o cultivo de plantas com maior capacidade de absorver e acumular P em rotação de culturas é uma estratégia eficiente para a aumentar a disponibilidade de P no solo, incrementando assim na produção. Esse resultado é fundamentado devido os solos de Cerrado ser pobres em P e sistemas de produção que favoreçam sua dinâmica no solo quanto a disponibilidade à soja podem incrementar de forma satisfatória na produtividade.

5. CONCLUSÃO

Urochloa ruzizienses solteira proporcionou maior produção de fitomassa seca (FS).

Os sistemas com *U. ruzizienses* pronunciaram melhores resultados no acúmulo de nutrientes da parte aérea.

Os sistemas de produção não aumentaram os teores dos atributos químicos proporcionalmente ao acúmulo de matéria seca.

A produtividade de grãos de soja apresentou melhor desempenho quando se fez o uso de *Crotalaria spectabilis*.

A correlação de Pearson comprovou o efeito dos sistemas de manejo com os teores dos atributos do solo, planta e fitomassa seca.

A análise de dendrograma confirmou com o agrupamento e a proximidade dos principais sistemas que proporcionaram efeitos semelhantes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. W. de; SANTOS, J. R.; MOURA FILHO, G.; REIS, L. S. (2013). Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17, 721-726.
- ALCÂNTARA, F.A. et al. (2000). Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35, 277-288.
- ALMEIDA, M. C.; TRINDADE, A.V.; MAIA, I. C. S. e MARQUES, M. C. (2008). Influências dos diferentes sistemas de manejo no comportamento da microbiota do solo em áreas sob cultivo de mamão na região de Cruz das Almas-BA. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 8, 67-75.
- ANDREOTTI M, ARALDI M, GUIMARÃES VF, FURLANI E & BUZETTIS (2008). Winter corn yield and chemical modifications in latosol as a function of covering species after lime application under no-tillage system. **Acta Scientiarum**, 30, 109-115.
- ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: SBCS, 2007. p. 873-928.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; CARVALHO, E. M. S. (2007). Effect of composted textile sludge on growth, nodulation and nitrogen fixation of soybean and cowpea. **Bioresource Technology**, Londres, 97, 1028 -1032.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. (2007). Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42, 1269-1276.
- BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. (2004). Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 34, 83-87.
- BRITO, M. de M.P.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C. da. (2011). Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, 70, 206-215.
- CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. (2013). Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22, 1, 27-34.
- CAMPOS, L. P.; LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; BRASIL, E. L.; IWATA, B. F. (2013). Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, 48, 3, 304-312.
- CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. (2008). Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, 67, 455-462.
- CARVALHO, A.M.; COELHO, M.C.; DANTAS, R.A.; FONSECA, O.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FIGUEIREDO, C.C. (2012). Chemical composition of cover plants and its effect

on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. **Crop Pasture Science**, 63, 1075-1081.

CARVALHO, A.M.; COSER, T.R., REIN, T.A., DANTAS, R.A., SILVA, R.R., SOUZA, K.W. (2015). Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, 50, 7, 551-561.

CASALI, C.A. et al. (2012). Mineralização das formas de fósforo do tecido de plantas de cobertura. **Informações Agronômicas**, 135, 21-24.

CAVALCANTE, T. (2016). Soil microbiological properties and available nitrogen for corn in monoculture and intercropped with forage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51, 9, 1660-1667.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 12º Levantamento da Produção de Grãos – Safra 2016/2017. Brasília, v.4, n. 12, 2017. Disponível em: www.conab.gov.br. Acessado em: 20/12/2017.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; CAVASANO, F. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. (2015b). Produtividade da soja sobre palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 10, 8-16.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. do V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. (2005). Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40, 161-168.

DEUBEL, A.; HOFMANN, B.; ORZESSEK, D. (2011). Long-term effects of tillage on stratification and plant availability of phosphate and potassium in a loess chernozem. **Soil e tillage research**, Amsterdam, 117, 1, 85-92.

DUDA, G. P. et al. (2003). Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agrícola**, 60, 139-147.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. (2008). **Revista Científica Symposium**, 6, 1, 36-41.

FRANCHINI JC et al. (2001). Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant Soil**, 231, 55-63.

FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C.C.; CERRI, C. E. P. (2008). Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, 43, 5, 641-648.

FREITAS, R. M. O.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L.; NOGUEIRA, N. W.; PINTO, J. R. S. (2014). Cowpea growth as affected by dry spell in no-tillage and conventional crop systems. **Bioscience Journal**, 30, 393-401.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. (2007). Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, 1421-1428.

GORGEN, C. A.; CIVARDI, E. A.; RAGAGNI, V. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; CARNEIRO, L. C.; LOBO JUNIOR, M. (2010). Redução do inóculo inicial de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja cultivada após uso do sistema Santa Fé. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45, 1102- 1108.

HE, J.; LI, H.; RABI, G. R.; WANG, Q.; CAI, G.; SU, Y.; QIAO, X.; e LIU, L. (2011). Soil proprieties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat-maize cropping system in North China Plain. **Soil & Tillage Research**, 113, 48-54.

JEMAI, I.; AISSA, N.B.; GUIRAT, S.B.; BEN-HAMMOUDA, M.; GALLALI, T. (2013). Impact of three and seven years of no-tillage on the soil water storage, in the plant root zone, under a dry subhumid Tunisian climate. **Soil and Tillage Research**, 126, 26-33.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. (2003). Implantação, condução e resultados obtidos com sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 407-441.

LEITE, L.F.C.; ARRUDA, F.P.; COSTA, C.N.; FERREIRA, J.S.; HOLANDA, M.R.N. (2013). Qualidade química do solo edinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17, 1257-1263.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, M. C.; SILVA, M. A. G. (2010). Rotação de culturas e relações com atributos químicos e microbiológicos do solo e produtividade do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 31, 4, 829-842.

MATIAS, M. C. B.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S. (2009). Propriedades químicas em Latossolo Amarelo de Cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza - CE, 40, 3, 356-362.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, É. H.; PEREIRA, F. C. B. L. (2015). Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39, 183-193.

MINGOTTE, F. L. C.; YADA, M. M.; JARDIM, C. A.; FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. (2014). Sistemas de cultivo antecessores e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, 30, 696-706.

NOGUEIRA, A. R. A.; CARMO, C. A. F. S.; MACHADO, P. L. O. A. Tecido vegetal. In: NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B.; MACHADO, P. L. O. A.; CARMO, C. A. F. S.; FERREIRA, J. R. (Ed.). (2005). **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudoeste, 145-199.

OLIVEIRA, W. R. D.; RAMOS, M. L. G.; CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; SILVA, A. M. M.; LACERDA, M. M.; SOUZA, K. W.; MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; PULROLNIK, K. (2016). Dynamics of soil microbiological attributes under integrated production systems, continuous pasture, and native Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 51.

OSTERROHT, M. VON. (2002). O que é uma adubação verde: Princípios e ações. **Agroecologia**, 14, 9-11.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. de A.; ASSIS, R. L. de; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. (2011). Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35, 1787-1799.

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

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BÔER, C. A. (2015). Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, 55, 2.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. (1998). Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22, 4, 713-721.

RODRIGUES, M; PAVINATO, P. S.; WITHERS, P.J.A.; TELES, A. P. B.; HERRERA, W. F. B. (2016). Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. **Science of the Total Environment**. Amsterdam, 542, 15, 1050-1061.

ROSSETTI KV et al. (2012). Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 7, 427-433.

RUSU, T. (2014). Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no tillage. **International Soil and Water Conservation Research**, 2, 42-49.

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** (2013). Embrapa, 353.

SILVA, E.C., et al. (2014). Adubação verde como fonte de nutrientes às culturas. In: LIMA FILHO of et al. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília: Embrapa, 1, 267-305.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; VENZKE FILHO, S. de P.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. (2010). Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, 69, 923-936.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (2004). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Embrapa Cerrados, 147-168.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. (2013). Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. **Bioscience Journal**, 29, 1796-1805.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (2014). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ª ed. Brasília-DF. Embrapa Cerrados, 416.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. (1995). **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 188.

TEODORO, R. B. OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. (2011). Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35, 635-643.

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

VILLAMIL, M.B.; NAFZIGER, E.D. (2015). Corn residue, tillage, and nitrogen rate effects on soil carbon and nutrient stocks in Illinois. **Geoderma**, 61-66, 253-254.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. (2014). **Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendação para seu uso**. Brasília-Embrapa, 307-334.