

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**ACÚMULO E LIBERAÇÃO DE FÓSFORO EM SISTEMAS DE  
PRODUÇÃO DE SOJA NO CERRADO MATO-GROSSENSE**

**BACHAREL EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**PABLIO EZIQUIEL DA SILVA**

**Rondonópolis, MT – 2019**

# **ACÚMULO E LIBERAÇÃO DE FÓSFORO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SOJA NO CERRADO MATO-GROSSENSE**

**Por:**

**Pablo Eziquiel da Silva**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso como parte dos requisitos do Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Leandro Pereira Pacheco

Rondonópolis, Mato Grosso – Brasil

### Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S586a Silva, Pablo Eziquiel da.  
Acúmulo e liberação de fósforo em sistemas de produção de soja no Cerrado mato-grossense / Pablo Eziquiel da Silva. -- 2019

36 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Leandro Pereira Pacheco.

TCC (graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Ciclagem de fósforo. 2. culturas de cobertura. 3. SPD. I. Título.

**Universidade Federal de Mato Grosso**  
**Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas**  
**Engenharia Agrícola e Ambiental**

A comissão examinadora abaixo assinada aprova o trabalho de curso

**ACÚMULO E LIBERAÇÃO DE FÓSFORO EM SISTEMAS DE  
PRODUÇÃO DE SOJA NO CERRADO MATO-GROSSENSE**

elaborado por

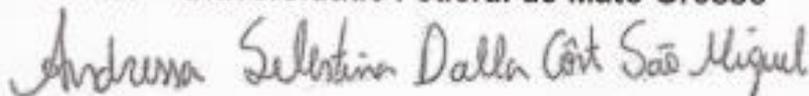
**Pablo Eziquiel da Silva**

como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrícola e  
Ambiental

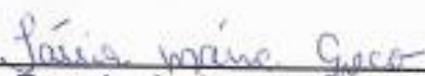
**Comissão Examinadora**



Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco  
UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso



Msc. Andressa Selestina Dalla Cört São Miguel  
UNESP – Universidade Estadual Paulista



Eng. Agrícola e Ambiental Tássia Máira Greco  
UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso

## DEDICATÓRIA

Primeiramente agradeço à Deus por me dar a oportunidade de estudar em um curso tão gratificante, agradeço também aos meus pais por me proporcionarem condições para que me dedicasse aos estudos e que não deixasse se abater por qualquer coisa.

Ao Professor Leandro Pereira Pacheco, por fazer parte de seu projeto de pesquisa e por me auxiliar, incentivar e ensinar sempre durante a graduação.

Aos meus colegas de turma, tanto os que desistiram quanto os que estão resistindo e aos do projeto de pesquisa, por ajudar e colaborar sempre para o bem das pesquisas.

Aos meus primos/irmãos Wagner, Marcos e Arthur, que saíram dos seus lares em busca do conhecimento e agradeço a República Agregados, onde, ganhei irmãos, tias e amigos que irei carregar comigo pelo resto da vida.

E minha namorada por estar presente durante o período da graduação, tanto em atividades curriculares quanto extracurriculares.

## RESUMO

A ciclagem de fósforo utilizando sistemas de culturas graníferas e de cobertura, visa disponibilizar o nutriente para a cultura em sucessão. O objetivo do trabalho é avaliar culturas graníferas e de cobertura em sistema de produção na ciclagem de fósforo, na parte aérea das culturas e sua influência na produtividade da soja em SPD. O experimento foi realizado durante o ano agrícola 2015/16, sendo o segundo ano de cultivo, na Estação Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, em Latossolo Vermelho. Conduzido em delineamento de blocos casualizados com nove sistemas de produção e quatro repetições em unidades experimentais de 7m x 9m. No período de safrinha, foram utilizadas culturas cobertura e na safra a soja como cultura comercial, os demais tratamentos são: S<sub>1</sub>: Pousio plantio Direto (PD), S<sub>2</sub>: Pousio plantio convencional (PC), S<sub>3</sub>: *Crotalaria spectabilis*, S<sub>4</sub>: Milho+ *C. spectabilis*, S<sub>5</sub>: *Pennisetum glaucum*, S<sub>6</sub>: *Urochloa ruziziensis*, S<sub>7</sub>: Girassol + *U. ruziziensis*, S<sub>8</sub>: *Vigna unguiculata* e S<sub>9</sub>: Milho + *U. ruziziensis*. Os tratamentos *U. ruziziensis* solteira e o girassol + *U. ruziziensis* promovem as maiores ciclagem de P na fitomassa aérea e resultam em produtividade intermediária. O Girassol + *U. ruziziensis*, acumula maior quantidade de P no florescimento e na senescência e exporta menos para os grãos. *C. spectabilis* solteira, tratamento com menor ciclagem de P para o sistema, não explica a maior produtividade de soja. O P isolado não é um fator determinante para maior produtividade da soja;

**Palavras-chave:** Ciclagem de nutrientes; culturas de cobertura; SPD.

## ABSTRACT

The phosphorus cycling using system of grain and cover crops aims to make the nutrient available to the crop in succession. The objective of this work is to evaluate grain and cover crops in production system in phosphorus cycling, in the aerial part of the crops and their influence on soybean productivity in SPD. The experiment was carried out during the agricultural year 2015/16, being the second year of cultivation, at the Experimental Station of the Federal University of Mato Grosso, in a dystrophic Oxisol. Conducted in a randomized block design with nine production systems and four replications in experimental units of 7m x 9m. In the second season, crop coverage and soybean crop were used as commercial culture, the other treatments were: S1: Fallow in no-tillage (NT), S2: Fallow Conventional Planting (CP), S3: *Crotalaria spectabilis*, S4: Corn + *C. spectabilis*, S5: *Pennisetum glaucum*, S6: *Urochloa ruziziensis*, S7: Sunflower + *U. ruziziensis*, S8: *Vigna unguiculata* and S9: Maize + *U. ruziziensis*. The treatments *U. ruziziensis* and sunflower + *U. ruziziensis* promote the highest cycling of P in the aerial biomass and result in intermediate productivity. Sunflower + *U. Ruziziensis* accumulated a greater amount of P in flowering and senescence and exports less to the grains. *C. Spectabilis* was the treatment with the lowest cycling of P for the system and this does not explain the higher soybean yield. Isolated P is not a determinant factor for higher soybean productivity.

**Keywords:** Nutrient cycling, cover crops, SPD.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Caracterização dos sistemas de produção a serem utilizados no ano agrícola de 2015/16. Pousio PD: pousio plantio direto com plantas espontâneas; Pousio PC: pousio preparo convencional com uso de grade aradora + grade niveladora.....	21
<b>Tabela 2.</b> Caracterização química e textural do Latossolo Vermelho antes da instalação do experimento.....	22
<b>Tabela 3.</b> Produção de fitomassa e acúmulo de fósforo por culturas graníferas e de cobertura no momento da dessecação para a semeadura da soja em sucessão na safra 2015/16. ....	27
<b>Tabela 4.</b> Produtividade de grãos de soja em sucessão a culturas anuais e de cobertura nas safras 2015/16.....	30

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Precipitação mensal acumulada e temperaturas médias mínima e máxima do ar durante a condução do experimento, em Rondonópolis, MT. 20

**Figura 2.** Acúmulo de fósforo no florescimento (A), respectivamente na safrinha 2015. Sistemas: S<sub>1</sub>: Pousio PD; S<sub>2</sub>: Pousio PC; S<sub>3</sub>: C. spectabilis; S<sub>4</sub>: Milho+C. spectabilis; S<sub>5</sub>: P. glaucum; S<sub>6</sub>: U. ruziziensis; S<sub>7</sub>: Girassol+U. ruziziensis; S<sub>8</sub>: V. unguiculata; S<sub>9</sub>: Milho+U. ruziziensis. Médias seguidas por letras iguais, na barra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade 24

**Figura 3.** Acúmulo de fósforo na senescência (B), respectivamente na safrinha 2015. Sistemas: S<sub>1</sub>: Pousio PD; S<sub>2</sub>: Pousio PC; S<sub>3</sub>: C. spectabilis; S<sub>4</sub>: Milho+C. spectabilis; S<sub>5</sub>: P. glaucum; S<sub>6</sub>: U. ruziziensis; S<sub>7</sub>: Girassol+U. ruziziensis; S<sub>8</sub>: V. unguiculata; S<sub>9</sub>: Milho+U. ruziziensis. Médias seguidas por letras iguais, na barra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. 25

**Figura 4.** Acúmulo, liberação e tempo de meia-vida do fósforo por culturas anuais e de cobertura safra 2015/16 em Rondonópolis – MT. 28

## SÚMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
2.1 SISTEMA DE PREPARO DE SOLO .....	13
2.2 CULTURAS DE COBERTURA .....	14
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DAS ESPECIES EM ESTUDOS .....	15
2.2.1.1 Braquiária ( <i>Urochloa ruziziensis</i> ) .....	15
2.2.1.2 Crotalaria ( <i>Crotalaria spectabilis</i> ) .....	15
2.2.1.3 Feijão Caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> ) .....	16
2.2.1.4 Girassol ( <i>Helianthus annuus</i> ) .....	16
2.2.1.5 Milheto ( <i>Pennisetum glaucum</i> ).....	17
2.2.1.6 Milho ( <i>Zea mays</i> ) .....	17
2.2.1.7 Soja ( <i>Glycine max</i> ).....	18
2.2.2 FÓSFORO.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
4. RESULTADO E DISCUSSÕES .....	24
5. CONCLUSÃO.....	31
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), do mês de julho de 2018 para a safra 2017/18, o Brasil produziu 118,88 milhões de toneladas de soja em grãos e uma produtividade de 3.382 kg ha<sup>-1</sup>. Com o Mato Grosso sendo destaque na produção da safra 2017/18 com 27,2% da produção (32,30 milhões de toneladas) (CONAB, 2018).

Com a elevada produção de grãos o uso da tecnologia está cada vez mais implantada no campo, entretanto, existem alguns limites para a produção da cultura. Entre estes está a forma de manejo, pois, o plantio convencional não demonstrou eficiência em melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Na busca de tecnologias como alternativa para viabilizar a produção de soja o sistema plantio direto (SPD) veio como uma opção para auxiliar na conservação do solo. O SPD é baseado em três pilares: Rotação de Culturas, não revolvimento da fitomassa e o mínimo revolvimento do solo (ALVARENGA, et al., 2001). O manejo da fitomassa, em superfície ou incorporação no solo, resulta em diferentes velocidades de decomposição (TORRES, et al., 2005).

De acordo com Alvarenga et al. (2001), o sucesso do SPD reside no fato de que a fitomassa, deixada por culturas de cobertura sobre a superfície do solo com os resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente favorável ao crescimento vegetal e contribui para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção da qualidade do solo. Isto é realizado com culturas de cobertura que são capazes de absorver o fósforo (P) do solo que se encontra não-disponível e que após a decomposição da sua fitomassa retorna ao solo de uma forma orgânica e assimilável para a cultura em sucessão, caracterizando a ciclagem de P (ALVARENGA, et al., 1995).

Estudos sobre culturas de coberturas em diversas regiões são importantes para se determinar quais as culturas que se adaptam as condições edafoclimáticas locais. Porém, há necessidade da rotação de culturas graníferas e de cobertura em safrinha, pois, do modo que a agricultura está sendo conduzida no Brasil, não há concorrência com a soja na safra, mas, há possibilidades de minimizar o efeito do monocultivo na safrinha, através da eficiência na ciclagem de P com o uso de culturas graníferas e de cobertura e fazer com que o nutriente seja disponibilizado

para a soja em sucessão. E como o P é pouco disponível no solo, a intensificação no uso de ciclagem desse nutriente através de sistemas com culturas graníferas e de cobertura se torna necessário. Pois o P é um nutriente essencial na planta e sem o mesmo a planta não encerra o ciclo normal de produção, auxilia ainda, no desenvolvimento da planta, formação e maturidade do grão, estimula o desenvolvimento do sistema radicular e atua na fotossíntese e na respiração da planta.

Com isso, o objetivo do trabalho é avaliar culturas graníferas e de cobertura em sistema de produção na ciclagem de fósforo, na parte aérea das culturas e sua influência na produtividade da soja em SPD.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SISTEMA DE PREPARO DE SOLO

A utilização de práticas conservacionistas de manejo do solo tem como objetivo à manutenção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos cultivados e às suas implicações no rendimento das culturas (OTSUBO, et al., 2008). O preparo de solo visa melhorar à aeração, infiltração de água no solo, germinação, emergência e instalação de plântulas, ou seja, facilitar o desenvolvimento da planta no sistema e diminuir a compactação e o efeito da erosão ou escoamento superficial de solo.

O termo ‘plantio direto’ tem origem no conceito de “no-till”, quem em inglês significa a prática de cultivo inserido diretamente na terra, sem necessidade de revolver o solo (MOTTER, et al., 2015). Segundo Cruz, et al., (2018) o SPD é uma tecnologia conservacionista que teve grande desenvolvimento a partir da década de 1990 no Brasil e já se encontra bastante difundida entre os agricultores, atualmente, os sistemas estão sendo adaptados a diferentes regiões e aos diferentes níveis tecnológicos.

A rotação de culturas é o sistema de alternar, em um mesmo terreno, diferentes culturas em uma sequência de acordo com um plano definido, auxilia no controle das ervas daninhas e insetos, ajuda na manutenção da matéria orgânica do solo e de nutrientes, aumento das produções e redução das perdas por erosão (BERTONI, et al., 2010). Entre os pilares do SPD, se observa a necessidade da rotação de culturas com a finalidade de minimizar a erosão, reestruturar o equilíbrio biológico e a produtividade do sistema empobrecido pelo monocultivo, bem como possibilitar o aproveitamento dos efeitos de complementaridade entre as plantas envolvidas no sistema e a troca de espécies vegetais com diferentes sistemas radiculares, tanto na distribuição quanto na profundidade de exploração do solo (FANCELLI, 2009).

A cobertura permanente é o fator isolado mais importante para o controle da erosão do solo, pois, estrutura o mesmo, de modo a evitar o selamento e encrostamento superficial, na qual melhora a infiltração e diminua o escoamento de água e a obtenção da cobertura do solo é através da rotação intensa das culturas,

dos resíduos de colheita, da parte aérea das culturas em desenvolvimento e das plantas de cobertura do solo (FILHO, 2005). E de acordo com Bertoni et al. (2010), o não revolvimento do solo reduz as perdas por erosão, pois mantém a superfície do solo irregular em todo o ciclo vegetativo. Trecenti (2009) confirma que no SPD não se revolve o solo com arados e grades visando o seu preparo para fazer o plantio, o revolvimento é restrito apenas a sulco de plantio, onde os fertilizantes e as sementes são colocados.

## **2.2 CULTURAS DE COBERTURA**

O SPD, é uma tecnologia muito útil na agricultura, pois, implica no fato de deixar a fitomassa das plantas de cobertura sobre a superfície do solo juntamente com os resíduos das culturas principais do sistema, onde favorece o crescimento e desenvolvimento vegetal, equilibrando a produção do sistema e recuperando ou executando a manutenção da qualidade do solo. Portanto, o interesse é por plantas de cobertura de solo adaptadas às condições de solos e fatores ambientais distintos e que se ajustem aos sistemas de rotação (ALVARENGA, et al., 2001).

A ciclagem biológica dos nutrientes por meio de fitomassa é um sistema que resulta na conservação de nutrientes no sistema agrícola, fazendo com que a planta se desenvolva e produza uma quantidade de fitomassa em solos com pouca fertilidade (FABIAN 2009; A. L. FANCELLI 1985). As plantas de cobertura têm a capacidade de reciclar nutrientes essenciais para as plantas que serão cultivadas em sucessão, ou seja, as plantas de cobertura contribuem para a redução de custos de produção, principalmente fertilizantes minerais (LAMAS, 2017).

De acordo com Pacheco, et al. (2011a) as plantas de cobertura auxiliam na conservação dos solos, pela maior agregação das partículas e pela proteção da superfície do solo ao impacto direto das chuvas. Já Torres, et al. (2005), relata que o manejo dos resíduos culturais, em superfície ou incorporação no solo, resulta em diferentes velocidades de decomposição.

## 2.2.1 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES EM ESTUDOS

### 2.2.1.1 Braquiária (*Urochloa ruziziensis*)

Os capins do gênero *Urochloa* são os mais cultivados, em razão da sua fácil adaptação edafoclimáticas, dominando os gêneros usados no Cerrado. A braquiária é uma planta herbácea, de crescimento ereto ou prostrado, perenes (maioria das espécies), rizomatosas ou não, apresentam emissão de raízes adventícias nos nós em contato com o solo. Pacheco, et al., (2011b) acumulou de P e fitomassa seca de 10,40 Kg ha<sup>-1</sup> e 6.237 Kg ha<sup>-1</sup> , 19,6 Kg ha<sup>-1</sup> e 7.554 Kg ha<sup>-1</sup> na safra 2008/09 e 2009/10 respectivamente.

A *U. ruziziensis* é de origem africana, apresenta um crescimento subereto, podendo atingir até 1,5 m de altura. Proporciona uma boa cobertura do solo, proteção contra erosão e pode ser introduzida em áreas de declividade mais intensa (QUEIROZ, et al., 2007). Segundo Pacheco, et al. (2011a) a *U. ruziziensis* semeada em safrinha após a colheita da soja, acumulou na safra de 2007/2008 12,45 Kg ha<sup>-1</sup> de P em Santo Antonio de Goiás-GO e 10.41 Kg ha<sup>-1</sup> em Rio Verde-GO.

### 2.2.1.2 Crotalária (*Crotalaria spectabilis*)

Leguminosa anual, ereta, muito ramificado, de porte baixo (até 1,5 m de altura), possui um sistema radicular profundo, capaz de romper camadas compactadas, podendo produzir entre 20 a 30 t ha<sup>-1</sup> de massa fresca e de 6 a 8 t ha<sup>-1</sup> de massa seca (SANTOS, et al., 2007). Segundo Burle et al. (2006) a produção de fitomassa em períodos chuvosos variam entre 2 e 16,6 t/ha. As crotalárias apresentam elevada tolerância ao estresse hídrico, quando semeadas na época da safrinha (fevereiro a abril), proporcionam significativo acúmulo de fitomassa e nutrientes na parte aérea (PACHECO, et al., 2015).

### 2.2.1.3 Feijão Caupi (*Vigna unguiculata*)

Oriunda da África Central e Ocidental, mas foi introduzido em países que têm clima Temperado. Parry, et al. (2008) conseguiu uma concentração de P na matéria seca de 1,3 a 1,6 g kg<sup>-1</sup>, variando sua época de semeadura e sua adubação de NPK em kg ha<sup>-1</sup> com 10-50-50 e 10-100-50. A *Vigna unguiculata* é uma cultura de verão adaptada ao clima tropical, tolerante à seca e ao calor, possui rendimento satisfatório em solos ácidos e solos argilosos, com deficiência de calcário e fósforo (ALCÂNTARA, et al., 1951).

Em regiões que adotam a agricultura tradicional os cultivos são para subsistência, na qual a disponibilidade de nutrientes à planta, faz com que a cultura tenha um aumento no desenvolvimento e na produção, refletindo na permanência do agricultor no campo (PARRY, et al., 2008). O Brasil também é grande produtor e consumidor, com produção anual entre 400 e 500 mil toneladas, sendo que, ocupa 60% das áreas cultivadas com feijão no Nordeste, 80% das áreas no Pará e 100% da área ocupada com feijão no Amazonas (VIEIRA, et al., 2007). De acordo com Neves et al. (2009) obteve um teor de P 10,33 Kg ha<sup>-1</sup> em plantas irrigadas com água salina.

### 2.2.1.4 Girassol (*Helianthus annuus*)

A disponibilidade de novas cultivares resistentes de alta produtividade oferece opção a mais aos planos de rotação e sucessão de culturas, diminuindo a incidência de pragas e doenças, melhorando a estrutura e a fertilidade do solo, devido ao seu sistema radicular pivotante, tendo eficiência na ciclagem de nutrientes (LEITE, et al., 2007). De acordo com Brighenti et al. (2008), o fator destaque do girassol em consórcio com forrageiras, é que as plantas estabelecidas no sistema apresentam porte alto, exercendo grande pressão de supressão sobre forrageiras e plantas infestantes que convivem no mesmo local.

E segundo Carvalho et al. (2008), o girassol acumulou o teor de P de 1,52 g kg<sup>-1</sup> na matéria seca e 1,36 kg ha<sup>-1</sup> na parte aérea em Latossolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa. E segundo Zobiolo et al. (2010), aproximadamente 75% da quantidade acumulada de P no girassol se concentra nas folhas. O valor

correspondente ao máximo acúmulo de P, considerando o somatório de folhas, pecíolos, caule, capítulo e aquênios, foi de 605,45 mg planta<sup>-1</sup> para o P, correspondendo à extração de 24 kg ha<sup>-1</sup> de P (55 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

#### 2.2.1.5 Milheto (*Pennisetum glaucum*)

O *Pennisetum glaucum* é uma gramínea anual de verão, com crescimento ereto e boa produção de perfilhos e vigorosa rebrota, após corte ou pastejo. A altura da planta é capaz de superar 3 m. O *Pennisetum glaucum* é uma planta que atura temperatura mais amenas (15 – 28°C) e baixa disponibilidade hídrica, são essas características que fazem com que a cultura possa ser uma opção de planta de cobertura (FILHO, 2016). Proporciona características à ciclagem de nutrientes, com sistema radicular vigoroso e abundante, permitindo a recuperação de nutrientes que se encontram até a profundidade de 2,0 m (CAZETTA et al., 2005).

Segundo Pacheco, et al. (2011b) a quantidade de fitomassa seca e P acumulado pelo *Pennisetum glaucum* na safra de 2008/09 e 2009/10 foi de 2.413 Kg ha<sup>-1</sup> e 2,57 Kg ha<sup>-1</sup>, e 6.118 Kg ha<sup>-1</sup> e 16,2 Kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. De acordo com SCAVAZZA, et al. (2018) o *Pennisetum glaucum* apresentou produção de fitomassa seca em média 8 t ha<sup>-1</sup> e maior acúmulo de macronutrientes entre seus tratamentos, devido a sua elevada produção de fitomassa, ao qual acumulou 10,17 kg ha<sup>-1</sup> de P e apresentou baixa relação C/N com acelerada decomposição e mineralização da fitomassa.

#### 2.2.1.6 Milho (*Zea mays*)

A produção de milho no Brasil se divide basicamente em duas épocas de plantio: plantio de verão ou primeira safra e a segunda safra, mais conhecida como “safrinha”. Sendo que o milho safra é cultivado durante o período chuvoso, variando entre fins de agosto na região Sul até os meses de outubro/novembro no Sudeste e Centro-Oeste, apenas na região Nordeste que o milho é cultivado no início do ano. E a expressão “safrinha” originou por causa que era uma pequena safra com baixa produtividade, sendo cultivada em condição de clima desfavorável, que ao longo do tempo vem mudando esse cenário, sendo que esse milho safrinha está sendo

conduzido dentro de sistemas de produção adaptados a essa realidade, para aumentar a eficiência nas lavouras (DUARTE, et al., 2015).

Os sistemas de cultivo consorciado de lavouras de grãos com plantas forrageiras proporcionam o aumento da disponibilidade de forragem na estação seca, com qualidade suficiente para manutenção nutricional dos rebanhos e, até mesmo, para promoção de ganho de peso animal (Batista, et al., 2011).

#### 2.2.1.7 Soja (*Glycine max*)

A soja é uma planta dicotiledônea e sua estrutura é formada por raízes e parte aérea. O desenvolvimento pode ser dividido em dois períodos, o vegetativos (emissão de folhas ao longo do caule, variando de 16 a 20 nós, cada qual com folhas trifolioladas) que vão desde a semeadura até o florescimento e o reprodutivo (desenvolvimento das vagens, enchimento dos grãos e maturação), que vai do florescimento à colheita (MUNDSTOCK, et al., 2005) .

O quinto nutriente mais exigido pela soja é o fósforo, na qual, extrai do solo aproximadamente 8 Kg de P para produzir 1.000 Kg de grão, ou seja, produção de 3.000 Kg de grãos são retirados do solo aproximadamente 50 Kg de  $P_2O_5$ , que são adicionados ao solo. Devido à alguns fatores adversos para a liberação do P disponível, são fornecidos aproximadamente quatro a cinco vezes a exigência da cultura, em função da sua imobilização no solo, que pode ser fixação ou adsorção de P. E de acordo com Foloni et al. (2008) nesse contexto, as plantas de cobertura têm destaque como alternativa para elevar a sustentabilidade dos sistemas produtivos, em que é possível ter sucessões entre lavouras comerciais, como o milho e a soja, e espécies tropicais, como o *Pennisetum glaucum* e as braquiárias, que viabilizam a produção de palhada e possibilitam o pastejo nos meses mais secos na entressafra de verão, na chamada Integração Lavoura-Pecuária (ILP).

#### 2.2.2 FÓSFORO

A dinâmica do P no solo se comporta de duas maneiras: Inorgânico ou mineral e orgânico. Sendo que o P inorgânico é oriundo do mineral Apatita,  $Ca_5(PO_4)_3F$ , ao qual fica disponível na solução de solo como o íon ortofosfato primário  $H_2PO_4^-$  e o íons ortofosfato secundário  $HPO_4^{2-}$  e P orgânico, oriundo de

componentes de matéria orgânica e resíduos vegetais, ou seja, só estará disponível quando a matéria orgânica se decompor (TROEH, et al., 2007) .

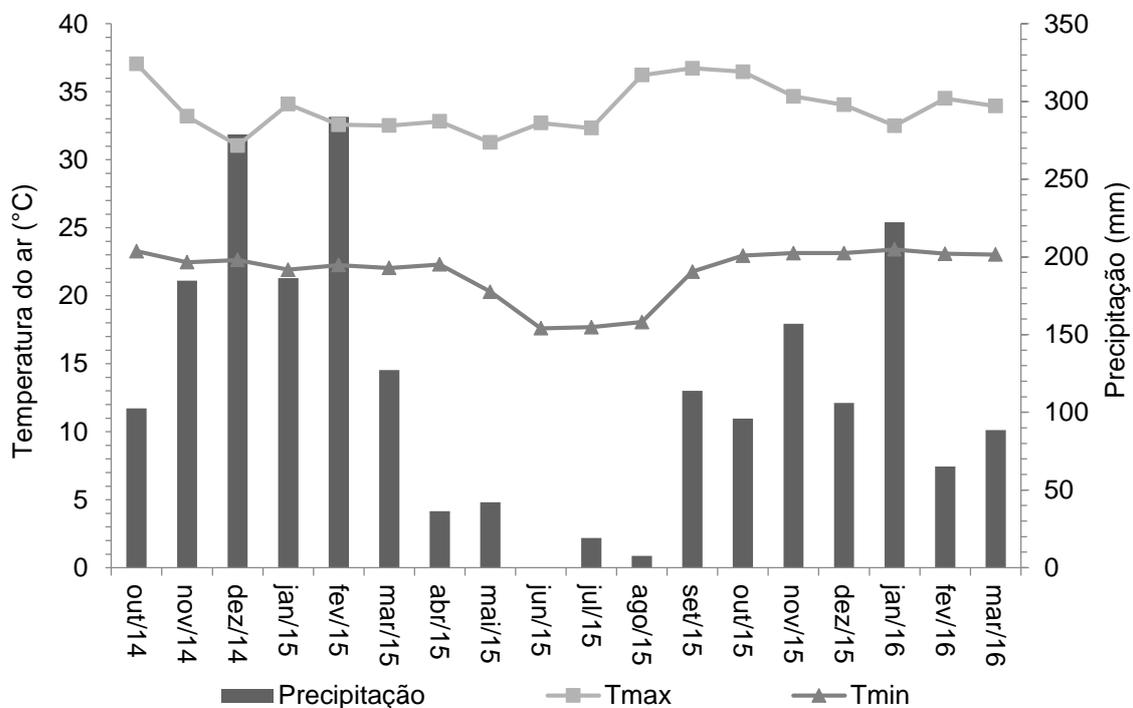
Portanto, o P se disponibiliza no solo na seguinte maneira: P solução, P lábil e P não lábil, na qual, as duas últimas etapas respectivamente, o mesmo está na fase sólida, ou seja, não disponível para a cultura. O P ajuda no desenvolvimento das raízes e plântulas, melhora a eficiência no uso da água, acelera a maturidade fisiológica (Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998). Há duas maneiras de disponibilidade indireta de P pela matéria orgânica: a primeira, os íons de ferro (Fe) e de alumínio (Al) (presentes no Latossolo) podem ser complexados e ligados à matéria orgânica; e a segunda, é a própria decomposição da matéria orgânica liberando ácidos que aumentam a solubilidade de fosfato de cálcio (TROEH, et al., 2007).

O P é crucial para as plantas, desempenha papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. As limitações de P no início do ciclo vegetativo pode resultar em restrições no desenvolvimento das culturas e mesmo com posterior fornecimento, a cultura não se recupera. Ou seja, a disposição do P ao sistema pelas culturas de cobertura é de grande importância, pois, fornece P na forma orgânica e assimilável para a cultura em sucessão (Grant, et al. 2001) .

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o ano agrícola de 2015/16, sendo o segundo ano de condução, na Estação Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso (16°27'41.75"S 54°34'52.55"O, altitude de 292 m). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013), com relevo plano. O clima da localidade é tropical de savana com estação seca no outono/inverno e a estação chuvosa, na primavera/verão conforme a classificação de Köppen é Aw (SOUZA et al., 2013).

Os dados da figura 1, são referentes à temperatura média do ar mensal e precipitação total mensal durante o período do experimento.



**Figura 1.** Precipitação mensal acumulada e temperaturas médias mínima e máxima do ar durante a condução do experimento, em Rondonópolis, MT.

Foi conduzido em um delineamento de blocos casualizados com 9 sistemas de produção e 4 repetições em unidades experimentais de 7m x 9m. No período de safrinha, foram utilizadas culturas graníferas e de cobertura e na safra foi implantada a soja como cultura comercial. Abaixo, na Tabela 1, estão descritos os tratamentos que foram utilizados para a implantação do experimento:

**Tabela 1.** Caracterização dos sistemas de produção a serem utilizados no ano agrícola de 2015/16.

Sistema	Segunda safra 2015	Safra 2015/16
S <sub>1</sub> :	Pousio em PD	Soja TMG 1175 RR
S <sub>2</sub> :	Pousio em PC	Soja TMG 1175 RR
S <sub>3</sub> :	<i>Crotalaria spectabilis</i> (15 kg ha <sup>-1</sup> )	Soja TMG 1175 RR
S <sub>4</sub> :	Milho (60.000 ptas ha <sup>-1</sup> )+ <i>C. spectabilis</i> (15 kg ha <sup>-1</sup> )	Soja TMG 1175 RR
S <sub>5</sub> :	<i>Pennisetum glaucum</i> ADR 300 (30 kg ha <sup>-1</sup> )	Soja TMG 1175 RR
S <sub>6</sub> :	<i>Urochloa ruziziensis</i> (15 kg ha <sup>-1</sup> - VC - 60%)	Soja TMG 1175 RR
S <sub>7</sub> :	Girassol (55.000 ptas ha <sup>-1</sup> )+ <i>U. ruziziensis</i> (15 kg ha <sup>-1</sup> - VC - 60%)	Soja TMG 1175 RR
S <sub>8</sub> :	<i>Vigna unguiculata</i> (160.000 ptas ha <sup>-1</sup> )	Soja TMG 1175 RR
S <sub>9</sub> :	Milho (60.000 ptas ha <sup>-1</sup> )+ <i>U. ruziziensis</i> (15 kg ha <sup>-1</sup> - VC - 60%)	Soja TMG 1175 RR

Pousio PD: pousio plantio direto com plantas espontâneas; Pousio PC: pousio preparo convencional com uso de grade aradora + grade niveladora.

Todos os sistemas da segunda safra foram implantados entre fevereiro e março com espaçamento de 0,45m, sendo que nos consórcios com culturas anuais, as culturas de cobertura foram implantadas na entrelinha. A semeadura da soja, na safra, foi realizada entre os meses de outubro e novembro, após dessecação de manejo das culturas de cobertura, com espaçamento entrelinhas de 0,45m e a colheita realizada no mês de fevereiro do ano seguinte. A soja foi semeada em plantio direto (sob a fitomassa remanescente) em todos os sistemas de produção, exceto no sistema com pousio em PC, em que as parcelas foram submetidas a duas gradagens (grade aradora + niveladora) 30 dias antes da semeadura e nos sistemas com *U. ruziziensis* solteira que foram dessecados 70 dias antes da semeadura a fim de melhorar a plantabilidade da soja.

Para culturas graníferas semeadas na segunda safra (milho, girassol e *Vigna unguiculata*) as adubações seguiram as recomendações de Souza e Lobato (2004), enquanto que, nas parcelas com culturas de cobertura solteiras não foram utilizados fertilizantes. A adubação da soja na safra foi de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de semeadura e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O via cloreto de potássio, aplicados metade à lanço em pré-semeadura e o restante quando a soja estiver em estágio fenológico V<sub>4</sub>. Para o plantio da soja, foi realizada a inoculação das sementes na dosagem de 150 ml de inoculante para cada 50 kg de sementes, apresentando a concentração bacteriana

de  $3 \times 10^9$  unidades formadoras de colônias por ml, com *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e 5080).

Na tabela 2, estão as condições do solo, tanto química quanto textural. Demonstra a atual condição de solo antes do experimento. E com isso, analisa um provável comportamento das culturas em estudo.

**Tabela 2.** Caracterização química e textural do Latossolo Vermelho antes da instalação do experimento.

Profundidade (m)	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	T	V	MO	Areia	Silte	Argila
	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- ---		dm <sup>-3</sup>		%	-----g kg <sup>-1</sup> ----- --			
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<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> trocáveis; T, capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V, saturação por bases.

Quanto às variáveis relacionadas à parte aérea das culturas na segunda safra, foi determinada a produção de fitomassa no momento do florescimento e senescência. Foi contabilizado o estande de plantas por metro, em três pontos por parcela, sendo coletadas duas plantas por estande. Estas avaliações também foram realizadas no florescimento da soja na safra. As folhas e caules foram levadas para estufa de circulação de ar forçada a 60°C até massa constante para determinação da massa seca. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho tipo Willey (malha de 2 mm) para determinação da concentração de P em todos os componentes das fitomassas (das culturas de cobertura e da soja) e em todas as épocas de avaliação seguindo as metodologias propostas por Malavolta et al. (1997).

As avaliações de fitomassa das culturas de cobertura durante a safra foram realizadas imediatamente antes da dessecação em outubro de 2015, e repetidas aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após a dessecação de manejo (DAD) para a avaliação da taxa de cobertura do solo, decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa para o solo. Foi coletada a fitomassa seca segundo metodologia adaptada de Crusciol et al. (2005), que consiste no uso de quadrado de ferro com dimensões 50 x 50 cm, no qual, a parte aérea e resíduos das culturas de cobertura serão coletados. Em seguida, serão submetidos à secagem em estufa com temperatura de 60°C, até

massa constante, e posteriormente, foi realizada a limpeza manual dos resíduos sem uso de água, para obtenção da fitomassa seca e de nutrientes.

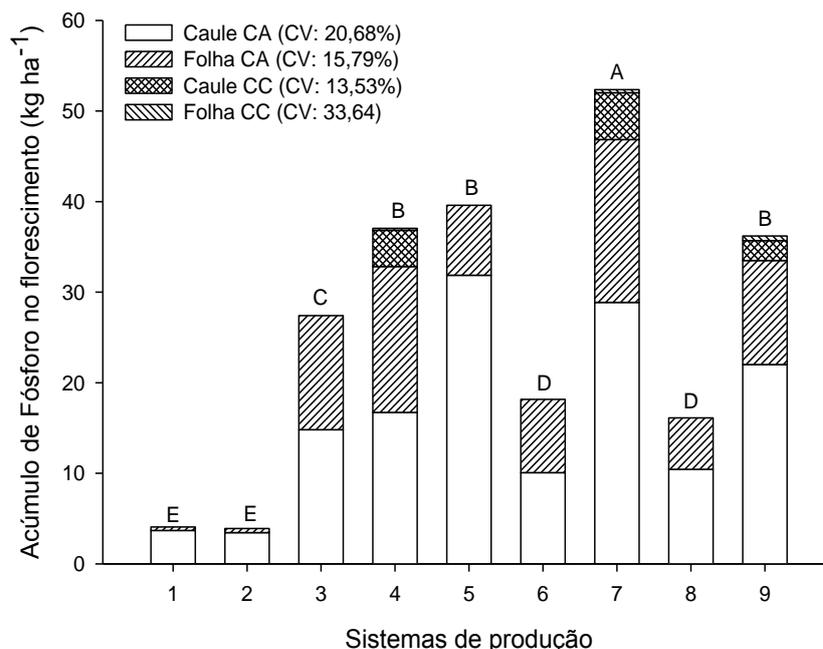
Para descrever a liberação de P ocorrida nas culturas de cobertura, após sua dessecação, os dados coletados aos 0, 15, 30, 60, 90 e 120 DAD foram ajustados a um modelo matemático exponencial decrescente, descrito por Wieder & Lang (1982):  $Q = Q_0 \exp(-kt)$ , em que: Q = quantidade de P existente no tempo t, em dias ( $\text{kg ha}^{-1}$ );  $Q_0$  = fração de P potencialmente liberado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), e k = constante de liberação de P ( $\text{g g}^{-1}$ ). Com o valor de k, calcula-se o tempo de meia-vida ( $T_{1/2}$  vida) do P remanescente, que expressa o tempo que levará para metade do P ser liberado pela fitomassa em decomposição, com uso da fórmula  $T_{1/2} \text{ vida} = 0,693/k$ , proposta por Paul & Clark (1989).

A produtividade da soja na safra será avaliada por meio de coletas em duas linhas de dois metros, expressos em  $\text{kg ha}^{-1}$  (padronizadas em 13% umidade).

Os resultados relacionados à parte aérea das culturas de cobertura e da soja serão submetidos à análise de variância e, quando significativos, nos dados qualitativos será realizado o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2008). Já os dados quantitativos serão ajustados em equações, com auxílio do software SIGMA PLOT 10.0.

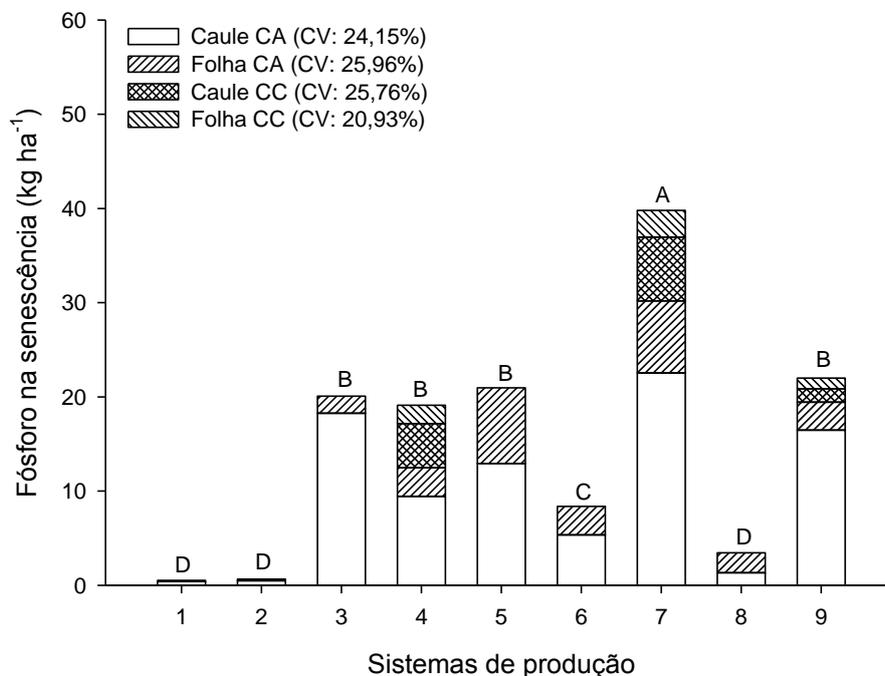
#### 4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Quanto ao acúmulo de nutrientes, o girassol + *U. ruziziensis* no florescimento (Figura 2) e na senescência (Figura 3) adquiriram destaque no acúmulo de fósforo, mesmo com a baixa translocação do nutriente para o grão. Ou seja, o comportamento é benéfico para o sistema, portanto, mesmo com a produção de grãos o girassol + *U. ruziziensis* conseguiu maior concentração de P passível de ser mineralizado, aumentando a eficiência do sistema. Conforme a Figura 4, o girassol + *U. ruziziensis* acumularam 11,58 Kg ha<sup>-1</sup> de P em 0 DAD com tempo de meia-vida de 27 dias, mas, comparando o acúmulo na senescência com o acúmulo do manejo da dessecação, o comportamento do sistema na entressafra não foi satisfatório, pois, o girassol + *U. ruziziensis* acumulou aproximadamente 40 kg ha<sup>-1</sup> na senescência, porém mineralizou mais de 28 kg ha<sup>-1</sup> de P antes mesmo da dessecação para a semeadura da soja e esse desempenho reflete na produtividade da soja (Tabela 4) com 2.301 kg ha<sup>-1</sup> ou 33,85 sacos ha<sup>-1</sup>. E segundo São Miguel et al. (2018), na safra 2015/16 em um experimento conduzido na estação experimental de um dos campi da Universidade Federal de Mato Grosso, o girassol + *U. ruziziensis* acumulou 12,48 kg ha<sup>-1</sup> de P no momento da dessecação de manejo da soja.



**Figura 2.** Acúmulo de fósforo no florescimento, respectivamente na safrinha 2015. Sistemas: S<sub>1</sub>: Pousio PD; S<sub>2</sub>: Pousio PC; S<sub>3</sub>: *C. spectabilis*; S<sub>4</sub>: Milho+*C. spectabilis*; S<sub>5</sub>: *P. glaucum*; S<sub>6</sub>: *U. ruziziensis*; S<sub>7</sub>: Girassol+*U. ruziziensis*; S<sub>8</sub>: *V. unguiculata*; S<sub>9</sub>: Milho+*U. ruziziensis*. Médias seguidas por letras iguais, na barra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Nos tratamentos com acúmulo intermediário, destacou o *Pennisetum glaucum*, onde foi o destaque entre as culturas solteiras, pois no florescimento (Figura 2) obteve resultado significativo, acumulou próximo aos 40 kg ha<sup>-1</sup>, mas, na senescência (Figura 3) mineralizou muito, chegando aproximadamente aos 20 kg ha<sup>-1</sup> pois, o *Pennisetum glaucum* é uma cultura de ciclo curto. Comparando o acúmulo na senescência com o acúmulo no manejo da dessecação, houve uma mineralização antecipada, por causa de temperaturas elevadas.



**Figura 3.** Acúmulo de fósforo na senescência na safrinha 2015. Sistemas: S<sub>1</sub>: Pousio PD; S<sub>2</sub>: Pousio PC; S<sub>3</sub>: *C. spectabilis*; S<sub>4</sub>: Milho+*C. spectabilis*; S<sub>5</sub>: *P. glaucum*; S<sub>6</sub>: *U. ruziziensis*; S<sub>7</sub>: Girassol+*U. ruziziensis*; S<sub>8</sub>: *V. unguiculata*; S<sub>9</sub>: Milho+*U. ruziziensis*. Médias seguidas por letras iguais, na barra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Já o *Pennisetum glaucum* adquiriu 6,80 kg ha<sup>-1</sup> ao 0 DAD e chegando a liberar aos 120 DAD, 3,47 kg ha<sup>-1</sup> com um tempo de meia-vida de 124 dias, na qual, o foi o sistema que menos liberou nutrientes ao longo do tempo. De acordo com Boer, et al. (2007), em área experimental da Universidade de Rio Verde, em sistema plantio direto há três anos, com o plantio de soja no verão e milho na safrinha, na qual, obteve um maior acúmulo de P com o *Pennisetum glaucum* de 16,38 kg ha<sup>-1</sup> de P em 0 DAD com um tempo de meia-vida de 92 dias, onde esse tempo de meia-vida pode ser justificado por baixas precipitações e temperaturas após a dessecação das

culturas graníferas e de cobertura. Castro, et al. (2017) com o *Pennisetum glaucum* cultivado em 2012 acumulou na parte aérea na senescência 4,1 kg ha<sup>-1</sup> de P, tendo o menor rendimento entre as demais culturas de cobertura. E Pacheco, et al. (2011a), com experimento realizado em Rio Verde, no estado de Goiás em novembro de 2007 a outubro de 2008. Obteve acúmulo de P de 82,83 kg ha<sup>-1</sup> e 12,89 kg ha<sup>-1</sup>, 0 e 120 (DAS) respectivamente, com tempo de meia-vida de 45 dias, na qual, a variação na velocidade de liberação de P é justificada pelas variações nas condições climáticas (precipitação e temperatura).

No caso dos outros sistemas com acúmulo inferior ao *Pennisetum glaucum*, estavam em consórcios, porém, o consórcio milho + *U. ruziziensis* acumulou mais no caule e na folha da cultura de cobertura, isso comprova a inserção da cultura de cobertura no sistema é benéfico. E foi o tratamento na senescência que translocou menos P para o grão entre os demais tratamentos intermediários, analisando o comportamento do tratamento na entressafra, houve a mineralização da concentração de P para o sistema, porém, não obteve uma produtividade satisfatória de 2.051kg ha<sup>-1</sup> ou 34,18 sacos ha<sup>-1</sup>. São Miguel et al. 2018 relata que no momento da dessecação da soja o milho + *U. ruziziensis* acumulou 9,94 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2015/16.

No milho + *C. spectabilis*, a folha da cultura anual (milho) juntamente com o caule da cultura de cobertura (Crotalária), foi destaque entre os intermediários com o acúmulo no florescimento (Figura 2). Isso pode ser justificado pelo fato que no florescimento ocorre processos que demandam energia e a planta está em seu ápice de acúmulo de nutrientes. Porém na senescência (Figura 3), houve a translocação do P para o grão e esse tipo de tratamento não é benéfico para o sistema, pois, quando se avalia a produtividade da soja 2.155 kg ha<sup>-1</sup> em média de 35,92 sacos ha<sup>-1</sup> não é satisfatório.

O milho + *C. spectabilis* obteve acúmulo de 7,78 kg ha<sup>-1</sup> ao 0 DAD e com tempo de meia-vida de 45 dias (Figura 4). Já o milho + *U. ruziziensis* acumulou 9,23 kg ha<sup>-1</sup> no 0 DAD e tendo um tempo de meia-vida de 30 dias. A cultura de cobertura junto com o milho agrega valor ao consórcio, porque se tem uma outra cultura no sistema que incrementa o tempo de decomposição da fitomassa sobre o sistema. Comparando o milho + *C. spectabilis* com o milho + *U. ruziziensis*, segundo a Tabela 3, o consórcio com o *U. ruziziensis* obteve maior acúmulo de P na produção de fitomassa, por causa do incremento no volume de fitomassa.

Na *C. spectabilis* solteira não obteve um rendimento satisfatório no florescimento (Figura 2) na qual, o caule juntamente com a folha adquiriu um acúmulo acima dos 25 kg ha<sup>-1</sup> e na senescência (Figura 3), houve uma menor translocação, ou seja, não acumulou muito, porém não translocou muito para o grão, mas, se comparar com a produtividade da soja (Tabela 4) foi o tratamento que obteve maior produtividade 2.686 kg ha<sup>-1</sup> com média de 44,77 sacos ha<sup>-1</sup>. Já a eficiência de Castro, et al. (2017) foi menor, pois, no ano de 2012, adquiriu um rendimento de 8,5 kg ha<sup>-1</sup> de P na parte aérea da *C. spectabilis* na senescência. E Cavalcante, et al. (2012) com experimento de maio a setembro de 2009, em uma área experimental na Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, obtiveram um menor rendimento, ou seja, 8,5 kg ha<sup>-1</sup> de P, sendo que a avaliação de acúmulo foi feita no florescimento, onde há o ápice de acúmulo na planta.

**Tabela 3.** Produção de fitomassa e acúmulo de fósforo por culturas graníferas e de cobertura no momento da dessecação para a semeadura da soja em sucessão na safra 2015/16.

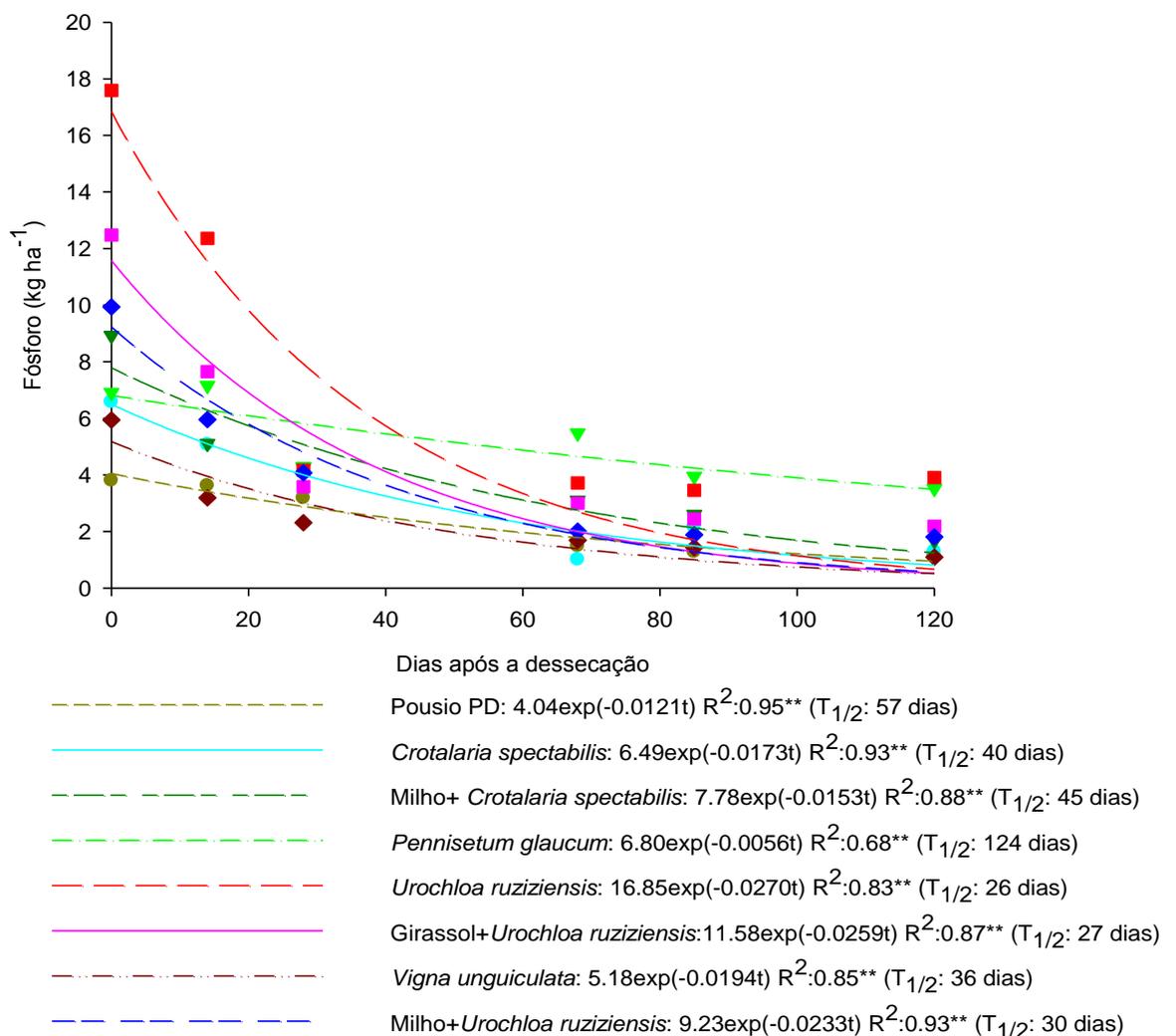
Sistema de produção	Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )
S <sub>1</sub> : Pousio SPD	3,80 e
S <sub>3</sub> : <i>Crotalaria spectabilis</i>	6,58 d
S <sub>4</sub> : Milho+ <i>Crotalaria spectabilis</i>	8,93 c
S <sub>5</sub> : <i>Pennisetum glaucum</i>	6,91 d
S <sub>6</sub> : <i>U. ruziziensis</i> 0 DAD*	22,75
S <sub>6</sub> : <i>U. ruziziensis</i> 70 DAD**	17,59 a
S <sub>7</sub> : Girassol+ <i>Urochloa ruziziensis</i>	12,48 b
S <sub>8</sub> : <i>Vigna Unguiculata</i>	5,94 d
S <sub>9</sub> : Milho+ <i>Urochloa ruziziensis</i>	9,94 c
CV (%)	13,56

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. SPD- sistema plantio direto; PC- preparo convencional com uso de grade aradora + grade niveladora. *Urochloa ruziziensis* aos 0 dias após a dessecação (DAD)\* e aos 70 DAD\*\*.

A *U. ruziziensis* solteira no florescimento (Figura 2), adquiriu um acúmulo intermediário entre os consórcios girassol + *U. ruziziensis* e milho + *U. ruziziensis*. Esse rendimento comprovou que à adição de mais uma cultura no sistema pode ser benéfica, pois, há dois sistemas radiculares distintos em busca de nutrientes, necessidades nutricionais diferentes, então essas culturas vão explorar de forma sistêmica o perfil do solo e buscar o nutriente em diferentes camadas. Já na senescência (Figura 3) o acúmulo da cultura de cobertura foi reduzido, porque recebeu uma dessecação antecipada, segundo a Tabela 3. E durante a entressafra

ocorre o aumento nas precipitações e a *U. ruziziensis* rebrota e aumenta o acúmulo de P.

Conforme a Tabela 3, a *U. ruziziensis* foi dessecada 70 dias antes das demais culturas de cobertura, por causa do seu volume de fitomassa que dificulta o plantio da soja, onde, os discos de corte da semeadora não conseguem cortar a fitomassa a semente não entre em contato com o solo e, assim, não germina. Na dessecação aos 0 DAD, a *U. ruziziensis* acumulou 22,75 kg ha<sup>-1</sup> e aos 70 DAD, que foi o manejo de dessecação total do experimento a *U. ruziziensis* manteve como residual 17,59 kg ha<sup>-1</sup>, mesmo nesta segunda avaliação, o sistema *U. ruziziensis* foi destaque perante os demais sistemas.



**Figura 4.** Acúmulo, liberação e tempo de meia-vida do fósforo por culturas anuais e de cobertura safra 2015/16 em Rondonópolis – MT.

Aos 0 DAD a *U. ruziziensis* acumulou 16,85 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que foi o sistema que possuiu o maior acúmulo de P, chegando a liberar aos 120 DAD 0,66 kg ha<sup>-1</sup> de

P e tendo um tempo de meia-vida de 26 dias. Castro et al. (2017) com experimento conduzido em duas safras 2012/13 e 2013/14 na Fazenda São João, situado em Inhaúma – MG, obteve um menor acúmulo de P na senescência com a *U. ruziziensis* de 5,5 kg ha<sup>-1</sup> no plantio das culturas de coberturas semeadas em 2012. Pacheco, et al. (2011a) obteve um acúmulo de P aos 75 dias após a semeadura (DAS) de 11,04 kg ha<sup>-1</sup> e 200 DAS com 12,45 kg ha<sup>-1</sup>. Esses resultados são explicados pelo elevado índice de rebrota e pela proporção entre folhas e colmos dessas espécies após as chuvas iniciais de verão.

A *Vigna unguiculata* no florescimento (Figura 2) conseguiu um maior acúmulo de P no caule do que na folha e a soma de ambos conseguiram passar dos 10 kg ha<sup>-1</sup>, sendo, que foi o tratamento com menor acúmulo de nutrientes. Já na senescência (Figura 3), seu comportamento se manteve entre os que menos acumulou, ou seja, translocou a maioria da sua concentração de P para os grãos. E esse tratamento, não disponibiliza quantidade significativa para o sistema. Relacionando com a entressafra a mineralização do P na *Vigna unguiculata* se manteve a mesma da senescência, mas, quando compara com a produtividade, foi o segundo tratamento de maior produtividade de soja. E de acordo com a Figura 4, *Vigna unguiculata* acumulou 5,18 kg ha<sup>-1</sup> no 0 DAD tendo um tempo de meia-vida de 36 dias. Neves, et al. (2009) com experimento conduzido em condições de campo, durante a estação seca do ano de 2006 (outubro a dezembro), em Fortaleza-Ceará, conseguiu acúmulos de P que variaram de 0,05 kg ha<sup>-1</sup> a 10,33 kg ha<sup>-1</sup>.

Nos pousios PD e PC, são oriundos de plantas espontâneas em suas determinadas áreas. Tanto no florescimento quanto na senescência ambos tiveram os menores acúmulos. E Pousio PC não foi avaliado por conta de ser um tratamento que há revolvimento de solo.

**Tabela 4.** Produtividade de grãos de soja em sucessão a culturas anuais e de cobertura nas safras 2015/16.

Sistemas de produção	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
S <sub>1</sub> : Pousio PD	1.889 C <sup>(1)</sup>
S <sub>2</sub> : Pousio PC	2.276 B
S <sub>3</sub> : <i>Crotalaria spectabilis</i>	2.686 A
S <sub>4</sub> : Milho + <i>C. spectabilis</i>	2.155 B
S <sub>5</sub> : <i>Pennisetum glaucum</i>	2.347 B
S <sub>6</sub> : <i>Urochloa ruziziensis</i>	2.273 B
S <sub>7</sub> : Girassol + <i>U. ruziziensis</i>	2.301 B
S <sub>8</sub> : Vigna unguiculata	2.425 B
S <sub>9</sub> : Milho + <i>U. ruziziensis</i>	2.051 C
<b>CV (%)</b>	<b>7,67</b>

A *C. spectabilis* foi o tratamento destaque com produtividade de 2.686 kg ha<sup>-1</sup> (44,76 sacos ha<sup>-1</sup>). Comparando com a produtividade de soja (Tabela 4) sobre a fitomassa do *V. unguiculata* de 2.273 kg ha<sup>-1</sup> (37,88 sacos ha<sup>-1</sup>) que foram os dois tratamentos que mais produziram a diferença de 6,88 sacos ha<sup>-1</sup>. A produtividade da soja, sobre o pousio PC foi significativa, pois, obteve rendimento superior ao milho + *U. ruziziensis*. A produtividade de soja (Tabela 4) sobre a fitomassa do milho + *U. ruziziensis* foi de 2.051 kg ha<sup>-1</sup>. O milho + *C. spectabilis* obteve uma produtividade de 2.155 kg ha<sup>-1</sup> de soja, tendo uma diferença entre os tratamentos de 104 kg ha<sup>-1</sup> de milho + *C. spectabilis*.

## 5. CONCLUSÃO

1. Os tratamentos *U. ruziziensis* solteira e o girassol + *U. ruziziensis* promovem as maiores ciclagem de P na fitomassa área e resultam em produtividade intermediária;
2. O Girassol + *U. ruziziensis*, acumula maior quantidade de P no florescimento e na senescência e exporta menos para os grãos;
3. *C. spectabilis* solteira, tratamento com menor ciclagem de P para o sistema, não explica a maior produtividade de soja;
4. O P isolado não é um fator determinante para maior produtividade da soja.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA Paulo Bardauil e BUFARAH Gilberto Plantas forrageiras: gramíneas & leguminosas [Livro]. - São Paulo : Nobel, 1951.

ALVARENGA RAMON COSTA [ET AL.] Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos [Periódico] // Pesquisa Agropecuária Brasileira. - Brasília : [s.n.], Fev. de 1995. - pp. 175-185.

ALVARENGA RAMON COSTA [ET AL.] Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto [Periódico] // Informe Agropecuário. - Belo Horizonte : [s.n.], Jan-Fev de 2001. - 208 : Vol. 22. - pp. 25-36.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO FOSFÓRO [Seção do Livro] // Manual Internacional de Fertilidade do Solo / trad. Lopes Alfredo Scheid.. - Piracicaba : Potafos, 1998. - 2ª Edição.

BATISTA KARINA [ET AL.] Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada [Periódico] // Pesquisa Agropecuária Brasileira. - Brasília : [s.n.], Out. de 2011. - 10 : Vol. 46. - pp. 1154-1160.

BERTONI JOSÉ E NETO FRANCISCO LOMBARDI

Conservação do Solo [Livro]. - São Paulo : Ícone Editora, 2010. - 7ª Edição.

BOER CARLO ADRIANO [ET AL.] Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado [Periódico] // Pesquisa agropecuária brasileira. - Setembro de 2007. - pp. 1269-1276.

BRIGHENTI ALEXANDRE MAGNO [ET AL.] Integração lavoura-pecuária: a cultura do girassol consorciada com *Brachiaria ruziziensis* [Periódico] // Circular Técnica. - Juiz de Fora - MG : Embrapa, 2008. - Vol. 96. - p. 12.

BURLE MARÍLIA LOBO [ET AL.] Caracterização das espécies de adubo verde [Seção do Livro] // Cerrado: Adubação Verde / ed. Carvalho Arminda Moreira de e Amabile Renato Fernando. - Planaltina : EMBRAPA, 2006.

CARVALHO ARMINDA MOREIRA DE [ET AL.] Decomposição de resíduos vegetais em Latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura [Periódico] // Revista Brasileira de Ciências do Solo. - 2008. - Vol. 32. - pp. 2831-2838.

CASTRO GUSTAVO FRANCO DE [ET AL.] Plantas de cobertura em sucessão ao milho para silagem em condições do cerrado [Periódico] // Journal Bioenergy Food Science. - 2017. - 1 : Vol. 4. - pp. 37-49.

CAVALCANTE VALÉRIA S. [ET AL.] Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura [Periódico] // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. - 2012. - 5 : Vol. 16. - pp. 521-528.

CAZETTA DISNEI AMÉLIO, FILHO DOMINGOS FORNASIERI E GIROTTI FABRIZIO Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária [Periódico] // Acta Scientiarum. Agronomy. - Maringá : [s.n.], Out-Dez de 2005. - 4 : Vol. 27. - pp. 575-580.

Companhia Nacional de Abastecimento Perspectiva para a agropecuária - Safra 2018/2019 [Relatório]. - Brasília : CONAB, 2018.

CRUZ JOSÉ CARLOS [ET AL.] Plantio Direto [Online] // Agência Embrapa de Informação Tecnológica. - 09 de Dezembro de 2018. - 09 de Dezembro de 2018. - [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_72\\_59200523355.html#](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html#).

DUARTE JASON DE OLIVEIRA, GARCIA JOAO CARLOS E MIRANDA RUBENS AUGUSTO DE Cultivo de Milho [Online] // Sistema de Produção Embrapa. - Novembro de 2015. - 17 de Janeiro de 2019. - [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistema\\_sdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaold=7905&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicold=8](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=7905&p_r_p_-996514994_topicold=8).

EMBRAPA Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2014 [Livro]. - Londrina : Embrapa Soja, 2013.

FABIAN ADELAR JOSÉ Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação [Relatório] : Tese de Doutorado / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias ; UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” . - Jaboticabal : UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2009.

FANCELLI A. L. Plantio Direto no estado de São Paulo [Periódico] // ESALQ. - 1985.

FANCELLI ANTONIO LUIZ Pesquisas certificam espécies para rotação de culturas [Periódico] // Visão Agrícola. - Jul-Dez de 2009. - pp. 17-20.

FILHO AFONSO PECHE Mecanização do Sistema Plantio Direto [Periódico] // O Agrônomo. - Campinas : [s.n.], 2005. - 57. - pp. 17-18.

FILHO ARNALDO CARNEIRO E COSTA KARINE Ocupação territorial do Cerrado [Seção do Livro] // A expansão da soja no Cerrado / A. do livro Filho Arnaldo Carneiro e Costa Karine. - São Paulo : Agroicone, Input, 2016.

FILHO ISRAEL ALEXANDRE PEREIRA Cultivo do milho [Online] // Sistema de Produção Embrapa. - Abril de 2016. - 18 de Janeiro de 2019. -

[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistema\\_sdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaold=8101&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicold=9](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=8101&p_r_p_-996514994_topicold=9).

FOLONI JOSÉ SALVADOR SIMONETI, CARLOS SERGIO TIRITAN JULIANO CARLOS CALONEGO E JUNIOR JAIME ALVES APLICAÇÃO DE FOSFATO NATURAL E RECICLAGEM DE FÓSFORO POR MILHETO, BRAQUIÁRIA, MILHO E SOJA [Periódico] // Revista Brasileira de Ciência Solo. - Jan. de 2008. - Vol. 32. - pp. 1147-1155.

GRANT C.A. [ET AL.] A IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA PLANTA [Periódico] // INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS. - Piracicaba : [s.n.], SET de 2001. - 95.

LAMAS FERNANDO MENDES Plantas de cobertura: O que é isto? [Online] // Embrapa. - 25 de Setembro de 2017. - 22 de Janeiro de 2019. - <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>.

LEITE ROBERTO DE AQUINO, JUNIOR TRAZILBO JOSÉ DE PAULA E VENZON MADELAINE Girassol (*Helianthus annuus* L.) [Seção do Livro] // 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas / ed. Lacerda Vânia. - Belo Horizonte : EPAMIG, 2007.

MIGUEL ANDRESSA SELESTINA DALLA CÔRT SÃO [ET AL.] Fitomassa e liberação de nutrientes em sistemas de cultivo de soja sob plantio direto [Periódico] // Pesquisa agropecuária brasileira. - Brasília : [s.n.], out. de 2018. - 10 : Vol. 53. - pp. 1119-1131.

MOTTER PAULINO E ALMEIDA HERLON GOELZER DE Plantio Direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira [Livro]. - Foz do Iguaçu : Parque Itaipu, 2015. - 1ª Edição : pp. 10-23.

MUNDSTOCK CLAUDIO MÁRIO E THOMAS ANDRÉ LUÍS Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos [Livro]. - Porto Alegre : Evangraf, 2005.

NEVES ANTONIA LEILA ROCHA [ET AL.] Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento [Periódico] // Ciência Rural. - 2009. - pp. 758-765.

OTSUBO AURO AKIO [ET AL.] Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca [Periódico] // Pesquisa Agropecuária Brasileira. - Brasília : [s.n.], 2008. - 3ª Edição : Vol. 43. - pp. 327-332.

PACHECO LEANDRO PEREIRA [ET AL.] Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária [Periódico] // Pesquisa

Agropecuária Tropical. - Goiânia : [s.n.], Out/Dez de 2015. - 4 : Vol. 45. - pp. 464-472.

PACHECO LEANDRO PEREIRA [ET AL.] Produção de Fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha [Periódico] // Pesquisa Agropecuária Brasileira. - Brasília : [s.n.], Janeiro de 2011a. - 1 : Vol. 46. - pp. 17-25.

PACHECO LEANDRO PEREIRA [ET AL.] Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja [Periódico] // Revista Brasileira de Ciência do Solo. - Viçosa : [s.n.], 2011b. - 5 : Vol. 35. - pp. 1787-1799.

PARRY MAURÍCIO M., KATO MARIA DO S. A. E DE CARVALHO JANICE G. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio [Periódico] // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. - Campina Grande - PB : [s.n.], 2008. - 3 : Vol. 12. - pp. 236-242.

QUEIROZ DOMINGOS SÁVIO E SALGADO LUÍS TARCÍSIO BRAQUIÁRIA (Brachiaria spp.) [Seção do Livro] // 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas / A. do livro JÚNIOR Trazilbo José de Paula e VENZON Madelaine. - Belo Horizonte : EPAMIG, 2007.

SANTOS IZABEL CRISTINA DOS E FONTANÉTTI ANASTÁCIA Crotalária (Crotalária spp.) [Seção do Livro] // 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas / A. do livro Junior Trazilbo José de Paula e Venzon Madelaine. - Belo Horizonte : EPAMIG, 2007.

SCAVAZZA ANA LÚCIA [ET AL.] Produção de fitomassa e extração de macronutrientes por plantas de cobertura cultivadas na estação seca [Periódico] // Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais. - 2018. - 6 : Vol. 6. - pp. 619-624.

TORRES J. L. R. [ET AL.] Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de Cerrado [Periódico] // Revista Brasileira de Ciência do Solo. - 2005. - 29. - pp. 609-6018.

TRECENTI RONALDO Plantio Direto [Online] // Jornal Dia de Campo. - 18 de Dezembro de 2009. - 09 de Dezembro de 2018. - <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=20779&secao=C olunas%20Assinadas>.

TROEH FREDERICK R. E THOMPSON Louis M. Fósforo [Seção do Livro] // Solos e Fertilidade do Solo / ed. Edmondo Andrei / trad. Neto Prof. Durval Dourado e Dourado Manuella Nóbrega. - São Paulo : Organização Andrei Editora LTDA, 2007. - 6ª Edição.

VIEIRA ROGÉRIO FARIA E VIEIRA CLIBAS Caupi ou feijão-de-corda [Seção do Livro] // 101 Culturas: Manual de tecnologias agrícolas / ed. Júnior Trazilbo José de Paula e Venzan Madelaine. - Belo Horizonte : EPAMIG, 2007.

ZOBIOLE LUIZ HENRIQUE SAES [ET AL.] Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol [Periódico] // Revista Brasileira de Ciência do Solo. - [s.l.] : Embrapa-Soja, 2010. - Vol. 34. - pp. 425-433.