

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**ADUBAÇÃO DA SUCESSÃO SOJA E MILHO CONSORCIADO  
COM *BRACHIARIA RUZIZIENSIS***

**DOUGLAS COSTA POTRICH**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2017**

**ADUBAÇÃO DA SUCESSÃO SOJA E MILHO CONSORCIADO  
COM *BRACHIARIA RUZIZIENSIS***

**DOUGLAS COSTA POTRICH**  
Engenheiro Agrônomo

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI**

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

**DOURADOS**  
**MATO GROSSO DO SUL**  
**2017**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

P856a Potrich, Douglas Costa.  
Adubação da sucessão soja e milho consorciado com  
*Brachiaria ruziziensis*. – Dourados, MS : UFGD, 2017.  
45f.

Orientadora: Prof. Dra. Marlene Estevão Marchetti.  
Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da  
Grande Dourados.

1. Integração lavoura-pecuária. 2. Fertilidade do solo. 3.  
Lucratividade. I. Título.

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.**

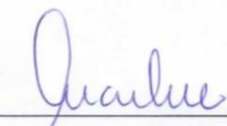
**“Adubação da sucessão soja e milho consorciado com  
*Brachiaria ruziziensis*”**

por

DOUGLAS COSTA POTRICH

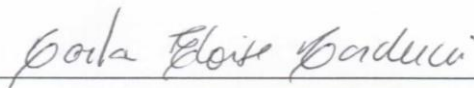
Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
DOUTOR EM AGRONOMIA.

Aprovado em: 03/03/2017.



---

Profª Drª Marlene Estevão Marchetti  
UFGD/FCA



---

Profª Drª Carla Eloize Carducci  
UFGD/FCA



---

Profª Drª Elisângela Dupas  
UFGD/FCA



---

Profº Drº Ademar Pereira Serra  
EMBRAPA



---

Profª Drª Simone Cândido Ensinas  
UEMS

## *DEDICO*

*Aos meus pais, Edelir Pedro Potrich e Salvani da Costa Potrich, pelos ensinamentos e educação, que sempre foi consolidada com muito amor e confiança. Ao meu irmão, Diego Costa Potrich pela nossa grande amizade, companheirismo e confiança. A minha esposa Suelen Santin Alonso Potrich pelo apoio, compreensão e pelo nosso amor. Ao meu tio Lindoval Bezerra Costa pela simplicidade, simpatia e alegria. Aos meus grandes primos André Potrich, Djhonatan Meurer Potrich, Jhovan Meurer Potrich, e Pedro Henrique Altomar pela amizade e apoio. A toda família Santin pela amizade confiança e respeito. E a todos integrantes das famílias Costa & Potrich, que estiveram ao meu lado, contribuindo para minha formação ética e moral.*

## *OFEREÇO*

*A Deus,  
A minha orientadora Marlene Estevão Marchetti,  
E a meus avós Lourenço Bezerra da Costa, Luiza Maria do Espírito Santo e Octavio  
João Potrich (In memorian).*

## **AGRADECIMENTOS**

Nenhuma batalha é vencida sozinha. No decorrer desta luta algumas pessoas estiveram ao meu lado e me estimularam para realização de um sonho. Primeiramente agradeço à Deus pelo dom da vida e por nunca me abandonar.

A UFGD e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade na realização do curso de doutorado.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo para execução do projeto.

À Fundação MS pelo espaço disponibilizado e apoio científico dos pesquisadores Me. Douglas de Castilho Gitti e Dr. Alex Marcel Melotto.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene Estevão Marchetti por acompanhar toda minha caminhada; pela orientação, incentivo, amizade e ensinamentos durante a realização do doutorado.

Aos professores (as) Dr<sup>a</sup>. Anamari Viegas de Araujo Motomiya e Dr. Munir Mauad pela amizade e sugestões na pré-defesa para o enriquecimento desta tese.

Ao querido amigo João Machado pelos bons momentos de descontração e amizade.

Aos membros da banca Dr. Ademar Pereira Serra, Dr<sup>a</sup>. Carla Eloize Carducci, Dr<sup>a</sup>. Elisângela Dupas e Dr<sup>a</sup>. Simone Candido Ensinas pela contribuição na correção da tese.

# SUMÁRIO

RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Semeadura direta .....	4
2.2 Sucessão soja-milho e integração lavoura-pecuária .....	6
2.3 Adubação e uso eficiente de fertilizantes .....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4. CONCLUSÕES.....	37
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

## LISTA DE QUADROS

- QUADRO 1:** Descrição dos tratamentos contendo os tipos de cultivo do milho e as doses de fertilizantes utilizadas no sulco de plantio para soja. .... 13
- QUADRO 2.** Saturação de potássio no solo na profundidade 0-0,2 m em função da interação do milho solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis* e dos níveis de adubação de semeadura da soja. .... 21
- QUADRO 3.** Saturação por bases no solo na profundidade 0-0,2 m em função da interação do milho solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis* e dos níveis de adubação de semeadura da soja. .... 23
- QUADRO 4.** Resumo da análise de variância do estado nutricional da soja sob diferentes níveis de adubação na semeadura e em sucessão a duas modalidades de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*). .... 27
- QUADRO 5.** Resumo da análise de variância da produtividade de grãos de milho segunda safra cultivado na modalidade solteiro e consorciado com *B. ruziziensis* em sucessão ao cultivo de soja sob diferente níveis de adubação de semeadura nos anos agrícolas 2012 e 2013. .... 29
- QUADRO 6.** Resumo da análise de variância da produtividade de grãos de soja em diferentes níveis de adubação de semeadura sob duas modalidades de cultivos do milho segunda safra (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*) nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014. .... 30
- QUADRO 7.** Custo total de produção do milho segunda safra no Mato Grosso do Sul, levando em consideração o sistema de cultivo. .... 32
- QUADRO 8.** Custo total de produção da soja no Mato Grosso do Sul, levando em consideração níveis de adubação de semeadura. .... 33
- QUADRO 9.** Receita anual, custo de produção e lucro obtido médios em R\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e índice de lucratividade (%) da sucessão soja com diferentes níveis de adubação de semeadura e milho segunda safra (consorciado ou solteiro). .... 33
- QUADRO 10.** Valores médios do lucro anual e índice de lucratividade em função dos diferentes tipos de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*). .... 34



## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1:** Dados de precipitação e temperatura no período de condução do experimento, em Maracaju, MS. Fonte: Fundação MS. .... 11
- FIGURA 2.** Valores de pH CaCl<sub>2</sub> no solo na profundidade 0-0,2 m em função dos níveis de adubação de semeadura da soja em sucessão ao milho segunda safra..... 18
- FIGURA 3.** Teor P no solo (mg dm<sup>-3</sup>) na profundidade 0-0,2 m em função dos níveis de adubação de semeadura da soja em sucessão ao milho segunda safra. .. 19
- FIGURA 4.** Teor K<sup>+</sup> no solo (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) na profundidade 0-0,2 m em função dos níveis de adubação de semeadura da soja em sucessão ao milho segunda safra..... 20
- FIGURA 5.** Saturação média de cálcio, magnésio e alumínio (%) na profundidade 0-0,2 m em função dos níveis de adubação de semeadura da soja em sucessão ao milho segunda safra..... 22
- FIGURA 6.** Teor de magnésio (Mg) no solo (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) na profundidade 0-0,2 m em função dos diferentes sistemas de cultivo do milho segunda safra (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*)..... 23
- FIGURA 7.** Estoque de carbono orgânico total (COT) em Mg ha<sup>-1</sup> na profundidade 0-0,2 m em função dos diferentes sistemas de cultivo do milho segunda safra (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*). .... 24
- FIGURA 8.** Estoque de carbono lábil (CL) em Mg ha<sup>-1</sup> na profundidade 0-0,2 m em função dos diferentes sistemas de cultivo do milho segunda safra (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*)..... 25
- FIGURA 9.** Teor de fósforo (P) no solo (mg dm<sup>-3</sup>) na profundidade 0,2-0,4 m em função dos níveis de adubação de semeadura da soja em sucessão ao milho segunda safra. .... 26
- FIGURA 10.** Concentração de fósforo (P) nas folhas em g kg<sup>-1</sup> em função dos diferentes sistemas de cultivo (milho solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*)..... 28

- FIGURA 11.** Produtividade de grãos de soja sob duas modalidades de cultivos da cultura anterior (milho solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*) nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014..... 31
- FIGURA 12.** Lucro anual obtido (R\$ ha<sup>-1</sup>) e índice de lucratividade (%) dos diferentes sistemas de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*), sob níveis de adubação da semeadura da soja. .... 35

## ADUBAÇÃO DA SUCESSÃO SOJA E MILHO CONSORCIADO COM *BRACHIARIA RUZIZIENSIS*

### RESUMO

O sistema de produção predominante de Mato Grosso do Sul é a sucessão de culturas soja e milho segunda safra no sistema plantio direto. Entretanto, as condições climáticas locais prejudicam a longevidade dos resíduos na superfície do solo, e, conseqüentemente, a introdução da *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com o milho foi uma estratégia de manejo eficiente, que manteve a produção de grãos de inverno e de pastagem para cobertura do solo. Os resíduos vegetais da pastagem além de proteger o solo contra efeitos erosivos, interferem na química do solo e na conservação da umidade que beneficiam a cultura em sucessão. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho verificar a produtividade e o índice de lucratividade da sucessão de culturas milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*) e da soja com aplicação de níveis de adubação de semeadura (0, 125, 250 e 375 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 02-20-20), além da alteração dos atributos químicos do solo nas profundidades 0-0,2 m e 0,2-0,4 m e a nutrição de plantas na terceira safra (ano agrícola 2013/2014) após a adoção das práticas. O experimento foi conduzido em Maracaju, MS, sob delineamento fatorial 2 x 4 com quatro repetições, sendo semeado os materiais DBK 390 VT PRO e BMX Potencia RR com semeadora adubadora específica (plantio direto) e aplicação à lanço das sementes da pastagem. Os teores de fósforo no solo incrementaram com os níveis de adubação da soja, todavia o cultivo da sucessão em plantio direto também foi capaz de elevar os teores iniciais do nutriente no solo, mesmo na ausência da adubação. A saturação de potássio no solo foi influenciada pela interação dos tratamentos, sendo verificado a melhor disponibilidade do nutriente ao aplicar 125 kg ha<sup>-1</sup> no adubo na semeadura da soja no sistema consorciado. Concluiu-se que a qualidade do sistema, avaliada pelos teores de carbono no solo, foram estatisticamente superiores quando adotou-se o sistema de cultivo consorciado do milho, em razão do maior aporte e fornecimento de resíduos vegetais que o sistema proporciona. A lucratividade do sistema foi superior no sistema com a pastagem em consórcio, sendo recomendado para semeadura da soja a adubação de reposição da exportação dos nutrientes, já que os níveis não diferiram os índices de lucratividade em razão da alta fertilidade do solo.

**Palavras-chave:** integração lavoura-pecuária, fertilidade do solo, lucratividade.

## FERTILIZATION OF SOYBEANS AND CORN CONSORTIATED WITH BRACHIARIA RUZIZIENSIS

### ABSTRACT

The predominant system production of Mato Grosso do Sul is the soybean and second corn succession crops in the no-tillage system. However, local climatic conditions prejudice the residue longevity at the soil surface, and consequently the introduction of *Brachiaria ruziziensis* in consortium with corn was an efficient management strategy that maintained the production of winter grains and pasture to cover the soil. Plant residues from pasture besides protecting the soil against erosive effects interfere at soil chemistry and humidity conservation that benefit the crop in succession. In view of the above, the objective of this work was to verify the productivity and the profitability index of the succession of corn crops (single or consortium with *B. ruziziensis*) and soybean with fertilizing application levels on seeding (0, 125, 250 e 375 kg ha<sup>-1</sup> of 02-20-20 formula), besides the changes of soil chemical attributes at depths 0-0.2 m and 0.2-0.4 m and plant nutrition in the third crop (agricultural year 2013/2014) after the adoption of the practices. The experiment was conducted in Maracaju, MS, under a 2 x 4 factorial design with four replicates, being sown the materials DBK 390 VT PRO and BMX Power RR with specific fertilizer sowing (no-tillage) and haul application of the pasture seeds. The phosphorus levels in the soil increased with the levels of soybean fertilization, however the succession cultivation in no-tillage was also able to raise the initial contents of the nutrient in the soil, even in the absence of fertilization. Potassium saturation in the soil was influenced by the interaction of the treatments, and the best nutrient availability was verified by applying 125 kg ha<sup>-1</sup> of the fertilizer in the soybean sowing on intercropping system. It was concluded that the quality of the system, evaluated by soil carbon content, was statistically higher when the maize intercropping system was adopted, due to the bigger contribution and supply of vegetable residues provided by the system. The profitability of the system was superior in the system with the pasture in consortium, being recommended for soybean sowing the replacement fertilization of the nutrients export, since the levels did not differ the profitability indexes due to the high fertility of the soil.

**Keywords:** Crop-livestock integration, soil fertility, profitability.

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é considerado um dos pilares de sustentação da economia do Brasil e nos últimos vinte anos tem agregado anualmente uma participação média de 22,95% do produto interno bruto (PIB). O ramo agrícola é responsável por 70,6% da arrecadação do agronegócio e os demais 29,4% referem-se ao setor da pecuária, sendo a base dos cálculos formada pela atividade produtora, insumos, indústria e serviços.

A manutenção e/ou ampliação da lucratividade do sistema por longos períodos, principal objetivo de qualquer atividade, é dependente de estratégias de melhorias do processo de produção, vinculados a retenção de custos. O ramo agrícola é similar e a sustentabilidade dos sistemas é dependente de tecnologias de produção ecologicamente sustentáveis e economicamente viáveis.

Registros da safra de verão 1978/1979 em Dourados, Mato Grosso do Sul, marcam a introdução de uma importante tecnologia de implantação das culturas, o plantio direto. O sistema ganhou muitos adeptos pela facilidade da operação, redução de custos com o preparo e revolvimento do solo e possibilidade da implantação de duas safras no mesmo ano agrícola. Além disso, o não revolvimento do solo e, conseqüentemente, manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo auxiliaram primeiramente na preservação da superfície pela redução da erosão laminar, principal problema na época.

O plantio direto, portanto foi uma estratégia ecologicamente sustentável pela preservação do ambiente solo, já que o preparo convencional com gradagem pulverizava o solo e o deixava predisposto aos processos erosivos. O sistema continua em prática até os dias atuais, sendo talvez melhor conceituado como semeadura direta. Diversos estudos foram realizados ao longo destes anos e muitos benefícios foram comprovados em razão da manutenção dos resíduos sobre o solo, entre eles: preservação da superfície contra o impacto das gotas d'água das chuvas que promovem compactação, redução da amplitude térmica da superfície, melhor retenção e infiltração de água, melhor aproveitamento de nutrientes pela ciclagem e aumento da matéria orgânica do solo (MOS) que interfere diretamente na dinâmica química, física e biológica do sistema.

O cenário de produção agrícola do Brasil é caracterizado com a sucessão de culturas soja e milho segunda safra sob condições de semeadura direta. O Brasil ocupa a

segunda posição mundial na produção de soja e a consolidação da semeadura direta impulsionou o cultivo de milho na segunda safra, em razão da viabilidade econômica desta sucessão de culturas. De acordo com levantamentos estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a região Centro-Oeste é responsável por 40,8% do território nacional de cultivo (23,31 milhões de hectares) e participa em média com 45% do total de grãos produzido para ambas culturas (IBGE, 2017).

Dada a aptidão agrícola nacional, órgãos de fiscalização agropecuária elaboram anualmente normativas, conhecidas como zoneamento agrícola, que define o melhor período para semeadura de uma variedade, em um determinado município e tipo textural de solo. Este período é proeminente com menores chances de perdas por riscos climáticos locais, porém o clima aparentemente altera todos os anos e é corriqueiro observar danos principalmente na soja por estiagem (restrição hídrica).

No Estado de Mato Grosso do Sul cerca e 1,67 milhões de hectares são cultivados anualmente com a sucessão de culturas soja e milho segunda safra em condições de semeadura direta. Entretanto, as condições climáticas tropicais dificultam a permanência dos resíduos vegetais sobre o solo e, conseqüentemente, tendem a limitar os benefícios dos resíduos para as culturas e também para o sistema de produção, existindo perdas de produtividade mesmo quando a semeadura ocorreu em consonância ao zoneamento.

Uma estratégia para manter o usual sistema de sucessão de culturas e aumentar a longevidade dos resíduos sobre a superfície do solo foi a introdução da pastagem *Brachiaria* spp em consórcio com a cultura do milho, sistema conhecido como integração lavoura pecuária. Neste modelo de produção mantem-se o rendimento de grãos na segunda safra e proporciona formar uma melhor cobertura do solo pela pastagem desde a colheita do milho até o plantio da soja, o qual pode ser destinado ao consumo de bovinos ou apenas para a formação de resíduos sobre o solo.

Diante deste modelo de produção diversas pesquisas foram realizadas principalmente para definir o melhor arranjo populacional das culturas em consórcio, a fim de garantir o desenvolvimento normal do milho e uma boa formação de pastagem após a colheita do grão. Entretanto, a recomendação de adubação das culturas não foi alterado com o sistema, e talvez a inclusão de uma terceira cultura, no caso a pastagem, necessite de novas práticas para elevar a eficiência do uso dos fertilizantes e aumentar o rendimento da área produção.

A inclusão da *Brachiaria* no sistema de produção consorciado proporciona melhorias nos diferentes atributos do solo: químicos, físicos e biológicos. O sistema radicular profundo e abundante da pastagem alcança maiores profundidades do solo, quando comparadas as culturas de sucessão, e promovem a ciclagem de nutrientes quando a parte aérea das plantas se decompõe na superfície do solo. A maior longevidade dos resíduos garante proteção do solo contra efeitos erosivos, melhor infiltração e manutenção da umidade no perfil do solo, redução da amplitude térmica e, conseqüente, condições ambientais favoráveis para sobrevivência dos organismos vivos. Além disso, os resíduos vegetais remanescentes incrementam os teores de MOS e a fertilidade do solo, sendo portanto necessário o aprimoramento da adubação neste sistema de cultivo afim de um melhor aproveitamento dos nutrientes.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho verificar a contribuição do cultivo do milho segunda safra solteiro ou consorciado com *Brachiaria ruziziensis* em sistema de sucessão à soja semeada com diferentes níveis de adubo na: fertilidade do solo, nutrição das plantas, produtividade das culturas e lucratividade do sistema de sucessão.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Semeadura direta**

O Brasil estabeleceu-se como uma grande potência agrícola mundial devido à incorporação de tecnologias de culturas intensivas relacionados ao uso de insumos e da implementação de operações mecanizadas no processo de produção, permitindo, assim, a expansão da fronteira agrícola, especialmente no bioma do Cerrado (SEVERIANO et al., 2013). Entretanto, o uso intensivo das áreas para produção agropecuária aliado a técnicas impróprias de manejo tendem a alterar a estrutura do solo e do ambiente, predispondo-o à degradação e influenciado negativamente o desenvolvimento vegetal (STONE e GUIMARÃES, 2005).

A fim de interromper a degradação do solo, que promove entre outros a redução da produtividade das culturas e eleva os custos de produção, a aplicação de conceitos de produção conservacionistas como o plantio direto tornou-se uma alternativa eficiente (FAGERIA e STONE, 2004). Segundo Silva et al. (2000) o plantio direto visa racionalizar o uso de máquinas e promover maior conservação do solo, contribuindo com a sustentabilidade ambiental e econômica do agroecossistema.

A quantidade de resíduos vegetais produzida que permanece no solo sob sistema plantio direto é a mesma que no preparo convencional, porém de acordo com Lisboa et al. (2012) o preparo convencional do solo além de promover rompimento de agregados e pulverização da camada superficial, acelera a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) em razão da exposição da biomassa a uma maior superfície de contato aos microrganismos.

Já no plantio direto, a permanência dos resíduos na superfície do solo proporciona maior longevidade dos resíduos em razão do seu menor contato com os microrganismos decompositores, que segundo Potrich (2012) é diferente para cada cultura e pode ser alterado também pela adubação do sistema. Além disso, tornou-se uma prática eficiente no controle da erosão pela melhor taxa e velocidade de infiltração de água no perfil e redução do impacto da gota de água das chuvas sobre os agregados do solo. O conjunto destes benefícios propicia maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhorias na estrutura do solo pelo aumento do conteúdo de



matéria orgânica e, conseqüentemente, maior rendimento às culturas (CHIODEROLI et al., 2010).

A produtividade das culturas nos diferentes sistemas de manejo do solo depende das condições climáticas, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado sanitário da cultura. Em teoria, a escolha pelo plantio direto, por proporcionar maior retenção de água e menores variações deste teor no solo, evita a ocorrência de curtos períodos de deficiência hídrica, melhorando a eficiência do uso da água e dos insumos (MARTORANO et al., 2009).

O Brasil, tem a segunda maior área cultivada em plantio direto no mundo, atrás apenas dos Estados Unidos (DERPSCH et al., 2010). Alvim e Oliveira Junior (2005) analisaram a rentabilidade da produção de soja no Estado de Mato Grosso do Sul comparando os sistemas plantio direto e convencional. Os autores verificaram lucros para os dois sistemas, porém o sistema plantio direto apresentou vantagens no ambiente o que comprova que além de sua maior lucratividade, este sistema desenvolve uma agricultura sustentável, por ser melhor conservador de recursos naturais.

Nos sistemas conservacionistas com baixo revolvimento do solo a utilização de plantas de cobertura em rotação, sucessão ou em cultivos consorciados tem por finalidade proteger a superfície e garantir conservação de água no perfil do solo, além de outras melhorias nas características físicas, químicas e biológicas do solo. O consórcio entre milho e pastagens perenes tem se tornado uma alternativa viável do ponto de vista técnico e econômico (GARCIA et al., 2012), já que permite a manutenção do milho, como cultura de rendimento econômico, e da forrageira para cobertura do solo no período entressafra da sucessão (CECCON, 2007). Além disso, o sistema assegura a expansão da agropecuária de maneira sustentável (HERRERO et al., 2010).

Registros datam o início da integração lavoura pecuária no Mato Grosso do Sul em 1989, no município de Maracaju, com o plantio direto da soja sobre pastagens perenes. Essa integração tornou-se uma opção vantajosa, beneficiando duas atividades de grande importância econômica, como a produção de grãos e a pecuária, proporcionando ganhos aos produtores (SALTON et al., 2001).

Além disso, diversos benefícios podem ser auferidos pelo sinergismo entre pastagens e culturas anuais, como: melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, quebra de ciclo de doenças e redução de insetos pragas e de plantas daninhas, redução de riscos econômicos pela diversificação de atividades e redução de

custo na recuperação e na renovação de pastagens em processo de degradação (VILELA et al., 2011). Salton et al. (2005) destacam também o aumento na eficiência de utilização de fertilizantes e corretivos e a produção de pasto para cobertura e manutenção do solo na estação seca do ano ou ainda para consumo animal, diversificando a renda.

## **2.2 Sucessão soja-milho e integração lavoura-pecuária**

A soja (*Glycine max*) é considerada uma das principais commodities, sendo cultivada comercialmente no Brasil há pouco mais de 50 anos. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2011), existe uma projeção de aumento de 47% na exportação de soja no Brasil até 2020 devido à crescente demanda por alimentos, o qual classificará o país como o maior exportador mundial do grão. Esse acréscimo na produção ocorrerá em virtude de um conjunto de mudanças, como: aumento da área plantada, desenvolvimento de tecnologias e melhorias de infraestrutura e capital humano para manter a segurança alimentar.

De acordo com Glat (2002) a introdução do milho (*Zea mays*) no sistema plantio direto tem elevado sua importância econômica e expandido a área de cultivo, fornecendo produtos para alimentação humana e animal, além de matéria prima para a indústria. A Conab (2016) estima uma produção mundial de 1,01 bilhões de toneladas do grão na safra 2016/2017, onde se destaca o Brasil como o terceiro maior produtor e responsável por 8,1% desta produção mundial, ficando abaixo apenas dos EUA (36,24%) e China (22,21%). Os cinco maiores Estados produtores do grão no país são: Mato Grosso, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, que corresponderam em 2016 por 76,53% da produção nacional, sendo mais de 60% do grão (49,9 milhões de toneladas) produzido na segunda safra.

O estudo das projeções de produção de milho, realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013), indica aumento de 20% até a safra 2022/2023. Neste contexto, o desenvolvimento de alternativas de manejo mais eficientes para as culturas de grãos foi fundamental para alcançar a sustentabilidade e aumentar a eficiência da agropecuária no Cerrado (VILELA et al., 2008). A utilização das pastagens nas lavouras aumenta os teores de carbono e melhora significativamente as condições de aeração, infiltração de água no perfil e perda de solo, em razão da abundância de raízes e parte aérea. A integração torna-se importante para a

sustentabilidade e a produtividade do sistema agropecuário, o qual possibilita a redução de custos pelo menor uso de insumos e diversificação, tanto da atividade agrícola quanto da pecuária, com aumento de renda e diminuição de problemas ambientais (GONÇALVES e FRANCHINI, 2007).

A cultura do milho possui características favoráveis para o cultivo consorciado, como alto porte das plantas e altura de inserção das espigas, permitindo que a colheita ocorra sem interferência nas pastagens (ALVARENGA et al., 2006). Além disso, o sistema de produção de consórcio com a cultura do milho, em geral, reduz a infestação e suprime o acúmulo de matéria seca de plantas daninhas (SEVERINO et al., 2006).

Segundo Loss et al. (2011), o uso da *Brachiaria* spp. no sistema de produção favorece o acúmulo de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio (N) nos agregados do solo em razão, principalmente, do melhor desenvolvimento do sistema radicular das forrageiras. Além disso, os resíduos vegetais apresentam uma maior relação C/N o qual acarreta em maior permanência do material sobre o solo pela decomposição mais lenta e, conseqüentemente, maior proteção ao solo diminuindo o impacto das gotas de chuva e mantendo mais uniforme a umidade e a temperatura do solo.

Além da proteção do solo, os resíduos vegetais remanescente são uma importante fonte de nutrientes aos sistemas agrícolas, uma vez que as plantas os absorvem nas camadas sub-superficiais e após sua decomposição liberam na superfície do solo, caracterizando a ciclagem de nutrientes que é um importante fator para a sustentabilidade dos ambientes agrícolas (CARVALHO et al., 2010). A MOS influencia a estrutura do solo, estabilidade de agregados, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, disponibilidade de nutrientes, atividade microbiana, capacidade de troca de cátions e emissão de gases para a atmosfera e Mielniczuk (1999) definiu-a como um precursor da qualidade do solo em razão de sua ação em diversos pontos de sustentabilidade do ambiente.

O carbono pode acumular-se em frações lábeis ou recalcitrantes da MOS, o que pode interferir nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (BAYER et al., 2004). A avaliação da fração lábil da MOS tem sido utilizada para observar a interferência da atividade antrópica por apresentar alta sensibilidade às mudanças causadas pelos sistemas de uso do solo, além de ter influência sobre a fertilidade do solo (CONTE et al., 2011). Nascente et al. (2013), verificaram que o plantio direto acumula

mais frações lábeis da matéria orgânica do que o sistema convencional de preparo do solo. Entretanto, não observaram diferenças entre as culturas de cobertura, inclusive vegetação espontânea.

### **2.3 Adubação e uso eficiente de fertilizantes**

Até a década de 1950, a agricultura brasileira dependia quase exclusivamente da fertilidade natural dos solos. Com a modernização da agricultura, práticas de correção da acidez e de adubação do solo contribuíram significativamente para a melhoria da fertilidade dos solos (BERNARDI et al., 2002).

A recomendação de adubação das culturas está diretamente relacionada ao potencial de resposta da planta a um ou mais nutrientes e, por consequência, é função da disponibilidade destes no solo. Em áreas com baixa disponibilidade de nutrientes, além das práticas relacionadas à melhoria do perfil químico do solo, devem-se aplicar doses de adubos que resultem no incremento gradual da disponibilidade dos nutrientes no solo (adubação corretiva). À medida que a fertilidade vai sendo construída, o critério para recomendação de adubação passa a ser a sua manutenção e, para isto, é fundamental conhecer tanto a demanda nutricional da cultura quanto o potencial de exportação dos grãos (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2010). Crusciol et al. (2006) verificaram que, na área de consórcio, a quantidade de potássio trocável no solo foi maior em comparação ao cultivo de milho solteiro, sendo o resultado atribuído ao maior potencial de absorção e acúmulo de potássio que a *Brachiaria brizantha* possui, reciclando o nutriente.

O aumento da eficiência de uso de fertilizantes está associado a um conjunto de práticas: histórico de uso da área, tipo de preparo do solo, cultivares, insumos e adubação equilibrada com base em análise do solo. Apesar disso, agricultores continuam adubando com quantidades fixas de N, P e K, por temerem a redução das produtividades, mesmo em condições de solos de alto nível de fertilidade. Conseqüentemente, esta prática tem resultado em adubações superdimensionadas e com baixa eficiência de uso dos fertilizantes (BENITES et al., 2010).

Solos de alto nível de fertilidade ou solos de fertilidade construída podem ser conceituados como aqueles que, no início do seu cultivo, apresentavam limitações no crescimento e desenvolvimento das culturas e que em função do manejo adotado ao longo de um tempo, passam a apresentar condições físicas, biológicas e químicas

adequadas para as culturas expressarem o seu potencial produtivo (KAPPES e ZANCANARO, 2014).

A adubação de sistemas é um novo conceito incorporado ao manejo de produção, principalmente em solos de fertilidade construída, o qual aplica as boas práticas para uso eficiente de fertilizantes (BPUFs). Nesse modelo de produção, a recomendação deixa de ser realizada isoladamente para uma cultura, sendo necessário conhecer a demanda nutricional de todas espécies que compõe o sistema (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2010).

De acordo com Rosolem et al. (2012) o cultivo agrícola com técnicas conservacionistas de manejo do solo (plantio direto) apresentam um gradual incremento na capacidade produtiva do sistema, ocasionado principalmente pelo acúmulo de nutrientes devido ao efeito residual de adubações anteriores e pelo aumento no teor de matéria orgânica. Portanto, a quantidade de fertilizantes a serem fornecidos a cada safra deve levar em consideração as peculiaridades do sistema de produção, aporte de nutrientes no solo ao longo dos anos advindos principalmente de safras anteriores e da palhada remanescente na superfície do solo, bem como a extração e exportação desses elementos para uma dada produtividade, a fim de evitar custos adicionais e desperdício de insumos.

A aplicação da fonte certa de nutrientes, na dose certa, na época certa e no local certo são fundamentais para o manejo sustentável da nutrição de plantas que, conseqüentemente, aumenta a produtividade das culturas. A escolha da fonte é essencial para o sucesso do sistema e é dependente das propriedades do solo para garantir o fornecimento adequado às plantas. O cálculo para definição da dose a ser aplicada deve ser embasado na análise do solo em correlação à necessidade nutricional das plantas e taxa de exportação da cultura, além do retorno financeiro da operação. Por fim, a época e local de aplicação do fertilizante são dependentes da fisiologia das culturas para compreensão do momento de maior necessidade nutricional da planta e, portanto, a mobilidade do nutriente no solo para escolha do método de aplicação que garanta sua efetiva absorção (BRUULSEMA et al., 2013).

Altmann (2012) sugeriu adubar mais intensamente as culturas mais responsivas e utilizar a adubação residual para as culturas menos responsivas, quando aplica-se o conceito de adubação de sistema. Neste sentido, a cultura do milho, altamente responsiva a adubação, pode receber doses maiores de nutrientes, acima da

sua exigência nutricional, e a soja pode ser cultivada apenas com uma adubação de arranque na base e com a adubação residual da cultura precedente.

Segundo Lacerda et al. (2015) a adubação é o fator que mais afeta o custo de produção, sendo verificado em torno de 28% na produção de milho e 34% para a soja, obrigando o técnico a conhecer a contabilidade de produção e, também, o potencial de resposta das culturas à fertilização, afinal a obtenção de lucros é o principal motivo da atividade. Os autores avaliaram a produtividade da sucessão soja-milho-soja sob níveis de adubação em semeadura e cobertura das culturas e não foi verificado diferenças na produtividade da soja, sendo este resultado atribuído a alta fertilidade inicial do solo. Já o milho respondeu tanto à adubação de semeadura como à de cobertura.

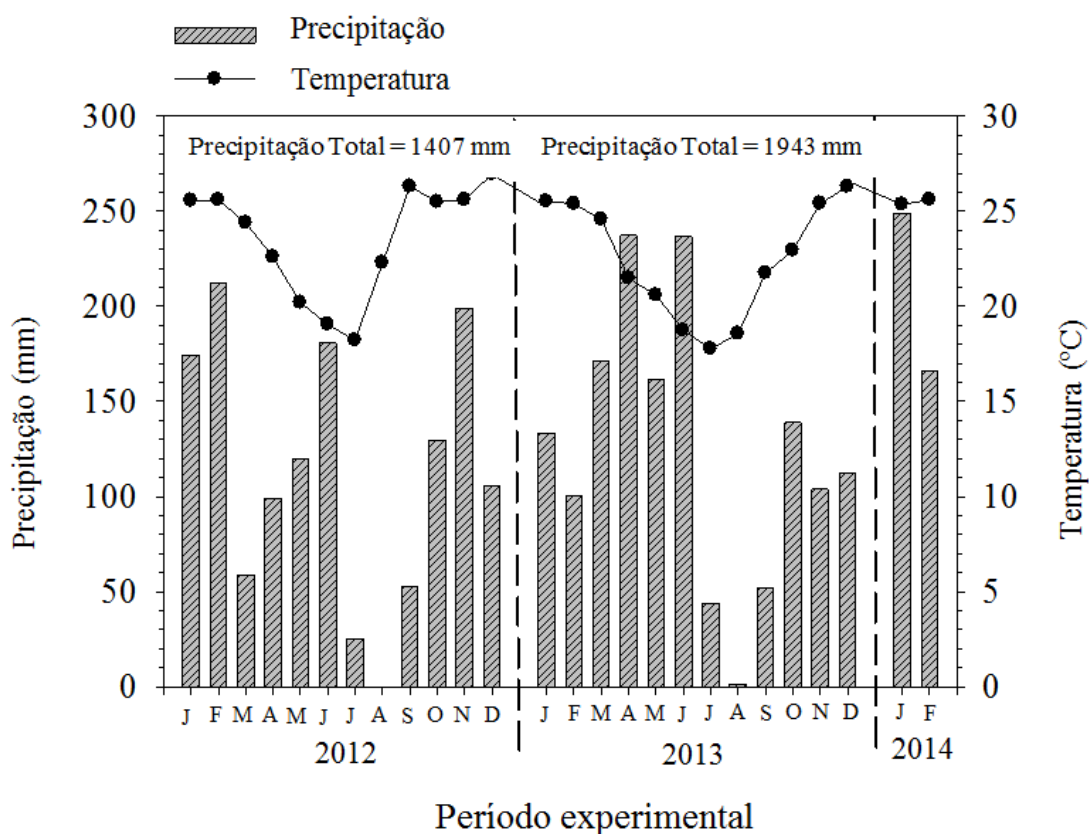
Segundo Wendling et al. (2008) a cultura da soja normalmente é pouco responsiva ao manejo da fertilidade do solo, tornando a adubação de manutenção o manejo mais racional (MOREIRA et al., 2006). Os resultados indicam a necessidade de se reavaliar o manejo da adubação, em solos com fertilidade construída, para conciliar o uso mais eficiente de fertilizantes com maior lucratividade para o produtor, uma vez que a adubação com quantidades fixas de N, P e K não favorecem o melhor desempenho em produtividade das culturas (LACERDA et al., 2015).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de fevereiro de 2011 a fevereiro de 2014 na área experimental da Fundação Mato Grosso do Sul para a Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias (Fundação MS), situada no município de Maracaju, Mato Grosso do Sul, latitude 21°36'52''S, longitude 55°10'06''W, e altitude média de 384 m.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf) (SANTOS et al., 2013), com textura argilosa (350 g kg<sup>-1</sup> de areia, 290 g kg<sup>-1</sup> de silte e 360 g kg<sup>-1</sup> de argila) na camada de 0-20 cm. O clima da região é tropical úmido, com chuvas no verão e com seca no inverno, classificado como Aw segundo a classificação de Köppen (1948), com temperatura média anual de 27°C e precipitação média anual de 1500 a 1750 mm. Os dados de pluviosidade e temperatura durante a realização do experimento estão apresentados na Figura 1.



**FIGURA 1:** Dados de precipitação e temperatura no período de condução do experimento, em Maracaju, MS. Fonte: Fundação MS.

## 2.2. Histórico da área

A área experimental tinha como finalidade o cultivo comercial da sucessão de culturas soja / milho segunda safra, com práticas de manejo do solo baseadas no plantio direto. Anteriormente à instalação do experimento, o solo foi corrigido em outubro de 2010 com a aplicação de 2,4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico e 0,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola a lanço e fez-se a última safra de soja, variedade NA 5909 RR, utilizando 312 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 00-30-15 na semeadura, o qual produziu em média 3888 kg ha<sup>-1</sup>.

A instalação dos tratamentos na área experimental ocorreu no dia 26/02/2011 com a semeadura do milho solteiro e consorciado com a *B. ruziziensis*, logo após a colheita da soja comercial antecessora. Na ocasião foi semeado o material DKB 390 VTPRO com 265 kg ha<sup>-1</sup> de 12-15-15 na base e os tratamentos com consórcio receberam 5 kg ha<sup>-1</sup> [valor cultural (VC) de 50%] da pastagem *B. ruziziensis*. Após a colheita desta safrinha 2011, foi implantada a safra de soja 2011/12 com a variedade BMX Potência RR e seus respectivos tratamentos (0, 125, 250 e 375 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 02-20-20 na base de semeadura). Ambas safras foram colhidas e determinadas as produtividades dos tratamentos, porém estes não serviram de base deste estudo.

Em fevereiro de 2011, logo após a colheita da soja e anteriormente a semeadura do milho, foi realizado uma amostragem composta da área experimental para caracterização dos atributos químicos do solo nas profundidades 0 a 20 cm: pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> 5,46; MO 26,7 g dm<sup>-3</sup>; P 12,31 mg dm<sup>-3</sup>; K 0,41 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> 4,65 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> 1,90 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al 3,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB 6,96 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC 9,96 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V% 69,88 e 20 a 40 cm: pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> 4,92; MO 18,8 g dm<sup>-3</sup>; P 1,36 mg dm<sup>-3</sup>; K 0,10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> 2,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> 0,85 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al 4,39 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB 3,10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC 7,49 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V% 41,39.

## 2.3. Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi avaliado nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014 em delineamento fatorial 2 x 4 (2 sistemas de cultivo do milho segunda safra e 4 níveis de adubação da soja com o formulado 02-20-20), com quatro repetições. Cada unidade experimental, ou parcela, apresenta uma área de 30 m<sup>2</sup> (12 m de comprimento e 2,5 m



de largura), sendo definido uma área útil de avaliação de 12 m<sup>2</sup>, já que excluiu-se 2 m lineares de cada extremidade (comprimento) e as duas linhas de plantio mais externas, a fim de evitar interferências entre os tratamentos. Os tratamentos foram instalados em quatro blocos ao acaso, e portanto cada bloco apresenta um total de 8 parcelas com uma área de 240 m<sup>2</sup> (12 m de comprimento e 20 m de largura). Sendo assim, a área total do experimento foi de 1166 m<sup>2</sup> (53 m de comprimento e 22,0 m de largura), uma vez que considerou-se 1,0 m de bordadura ao redor de toda área e entre blocos.

Os fatores estudados foram: sistema de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*) e níveis de adubação de semeadura da soja (0, 125, 250 e 375 kg ha<sup>-1</sup>) (Quadro 1).

**QUADRO 1:** Descrição dos tratamentos contendo os tipos de cultivo do milho e as doses de fertilizantes utilizadas no sulco de plantio para soja.

Trat	Fator A	Fator B	
	Tipo de cultivo do Milho	Adubação Soja	
		kg ha <sup>-1</sup>	Fórmula
1	ConSORCIADO	0	02-20-20
2	ConSORCIADO	125	02-20-20
3	ConSORCIADO	250	02-20-20
4	ConSORCIADO	375	02-20-20
5	SOLTEIRO	0	02-20-20
6	SOLTEIRO	125	02-20-20
7	SOLTEIRO	250	02-20-20
8	SOLTEIRO	375	02-20-20

#### 2.4. Implantação e desenvolvimento do experimento

O consórcio foi formado com a semeadura a lanço das sementes da pastagem *B. ruziziensis* (250 pontos de VC ha<sup>-1</sup> ou 3,33 kg ha<sup>-1</sup> de semente com VC de 75%) imediatamente antes do milho. As semente de milho foram tratadas com 350 mL por cada 20 Kg de sementes do inseticida Imidacloprido (150 g/L) + tiodicarbe (450 g/L), sendo semeadas no espaçamento de 0,50 m entre linhas, utilizando 265 kg ha<sup>-1</sup> do adubo 12-15-15 no sulco de plantio. O material utilizado foi o híbrido simples DKB 390 VT PRO, com população final de 55000 plantas ha<sup>-1</sup>, que recebeu uma aplicação de fungicida para proteção da área foliar (V8 a V10), uma de inseticida logo após o plantio, para controle de percevejos e uma de inseticida para lagartas desfolhadoras (*Spodoptera* spp.) em V6.

Após a colheita do milho, toda a área foi dessecada para a semeadura da soja, aplicando-se 3 L ha<sup>-1</sup> de glifosato + 0,8 L ha<sup>-1</sup> de 2,4D, sendo verificada produção média de 14,4 t ha<sup>-1</sup> de resíduos vegetais no sistema integrado e 9,9 t ha<sup>-1</sup> no cultivo solteiro. A semeadura da soja BMX Potência RR, em ambos anos agrícolas, foi realizado com semeadora adubadora específica (plantio direto), com espaçamento de 0,50 m. As sementes foram tratadas com 100 mL para cada 50 kg de semente de uma mistura pronta de inseticida e fungicida Piraclostrobina 25 g/L + Tiofanato metílico 225 g/L + Fipronil 250 g/L, 100 mL para cada 50 kg de sementes do composto nutricional Cobalto 14,5 g/L + Molibdênio 253,75 g/L e 200 mL para cada 50 Kg de semente do inoculante *Bradyrhizobium Elkanii* 5 x 10<sup>9</sup> UFC/mL.

## **2.5. Características avaliadas**

### **2.5.1 Atributos químicos do solo**

Amostras de solo foram coletadas no ano agrícola de 2013/2014, a fim de caracterizar o efeito dos tratamentos na química do solo. Logo após a colheita da soja foi realizada a amostragem do solo em cada unidade experimental coletando-se cinco amostras simples para formar uma composta. A amostragem composta de cinco amostras simples foi feita logo após a colheita da soja com abertura de trincheira e trado do tipo rosca, para as respectivas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m, em cada unidade experimental. Além destas, amostras indeformadas foram coletadas para estimar a densidade do solo e estoques de carbono na camada 0-0,2 m. Após as coletas, as amostras compostas de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Solos da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Para a caracterização química, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm e determinado os valores de pH, H+Al, K<sup>+</sup>, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> e calculadas a soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC). O pH foi determinado em CaCl<sub>2</sub> (relação solo:solução 1:2,5); o H+Al foi extraído com solução tampão SMP e determinado por pHmetro; o Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, sendo o cálcio e magnésio determinados por absorção atômica e o alumínio por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>. O fósforo e potássio foram extraídos com a solução de Mehlich 1 (HCl a 0,5 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,025N) e

determinados, respectivamente, em colorímetro e fotômetro de chama (CLAESSEN, 1997).

Para a determinação dos índices de qualidade do solo, foram avaliados os estoques de carbono orgânico total (COT) e carbono lábil (CL), na camada 0-20 cm. As amostras trituradas em almofariz e passadas em peneira com malha de 0,210 mm. O COT foi determinado segundo o método de oxidação via úmida, onde 0,2 a 0,5 g de solo foram colocadas em tubos de destilação, adicionado pela parede do tubo 5 mL  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,167 mol  $\text{L}^{-1}$  mais 7,5 de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  P.A e colocados em bloco de digestão à temperatura de 170°C por 30 minutos. Foram utilizadas quatro provas em branco controle aquecidas e quatro provas em branco controle sem aquecimento. Após o período de digestão, o conteúdo dos tubos foi transferido para um recipiente de 100 mL, onde foi adicionado 50 mL de água destilada. Para a titulação das amostras foi utilizado sulfato ferroso amoniacal  $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  a 0,4 mol  $\text{L}^{-1}$ , na presença de três gotas do indicador ferroína (Orto-fenantrolina), até o aparecimento da cor vermelha (YEOMANS e BREMMER, 1988). O cálculo do teor de COT foi determinado utilizando as seguintes fórmulas:

$$A = \left[ (\text{BQ} - \text{VT}) \left( \frac{\text{BF} - \text{BQ}}{\text{BF}} \right) \right] + (\text{BQ} - \text{VT})$$

$$\text{COT} = A \times \text{MSF} \times 3 \times 100 / \text{Pa}$$

Sendo: BQ o volume gasto na titulação do branco controle com aquecimento; BF o volume gasto na titulação do branco controle sem aquecimento; VT o volume gasto na titulação da amostral; MSF a molaridade do sulfato ferroso (mol  $\text{L}^{-1}$ ); Pa o peso da amostra (mg).

Para determinação do teor CL, 1 g de solo triturado foi passado em peneira de 0,210 mm, sendo, posteriormente, acondicionados em tubo de centrífuga de 50 mL, juntamente com 25 mL de solução de  $\text{KMnO}_4$  (0,033 mol  $\text{L}^{-1}$ ) (SHANG e TIESEN, 1997). Esta suspensão foi agitada em agitador horizontal a 130 rpm por 1 h, e centrifugada a 960 g por 5 minutos. Após a centrifugação foi pipetado 100  $\mu\text{L}$  do sobrenadante em tubos de ensaio e o volume foi completado com 10 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 565 nm, sendo o CL determinado a partir da equação da curva padrão. A curva padrão foi obtida utilizando-se as concentrações de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 mL da

solução de  $\text{KMnO}_4$  ( $0,033 \text{ mol L}^{-1}$ ) que foram acondicionadas em balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume restante com água destilada.

A partir dos teores de COT e CL os estoques foram estimados a partir da expressão:  $\text{Est} = \frac{\text{teor} \times \text{Ds} \times \text{E}}{20}$  (CARDOSO et al., 2010).

Sendo: Est o estoque de carbono em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ; Teor = o teor de COT ou CL em  $\text{g kg}^{-1}$ ; Ds é a densidade do solo no horizonte estudado em  $\text{kg dm}^{-3}$ ; E é a espessura da camada em cm.

### **2.5.2 Concentração de nutrientes da soja**

O estado nutricional da soja safra 2013/2014 foi determinado pela análise foliar do terceiro trifólio com pecíolo quando a cultura estava em florescimento pleno (R2), de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Foram avaliados os teores de nitrogênio, fósforo e potássio na planta a fim de diagnosticar o efeito da adubação de base e da cultura antecessora no fornecimento de nutrientes.

### **2.5.3 Produtividade das culturas**

Foram quantificadas as produtividades das culturas (milho segunda safra 2012 e milho segunda safra 2013; soja safra 2012/13 e soja safra 2013/14). Para tanto, colheu-se a área útil de cada parcela manualmente, que foram trilhadas para obtenção dos grãos e determinado a umidade e a massa produzida em cada unidade experimental. Logo a massa obtida (kg) foi corrigida para 13% de umidade em base úmida e transformada em produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

### **2.5.4 Viabilidade econômica**

A avaliação econômica do sistema de cultivo proposto foi realizada com base nos indicadores de rentabilidade: produtividade média total do sistema (sucessão milho segunda safra e soja) e custo de produção. A produtividade média total do sistema foi baseado na média das duas safras de avaliação, ou seja, gerou-se uma média para cada tratamento a partir do milho segunda safra (2012 e 2013) e da soja (2012/13 e 2013/14). O custo total de produção considera todo custo operacional (insumos, operações agrícolas, custos administrativos e depreciação) além da remuneração dos fatores (terra, capital e trabalho).

Assim, em planilhas eletrônicas calculou-se o lucro obtido como a diferença entre a receita anual e o custo de produção total (MARTIN et al., 1998). A receita anual é o somatório da receita média de cada sistema de produção levando em consideração a cotação média dos últimos 5 anos para o estado do Mato Grosso do Sul segundo AgroLink (2016), aonde verificou-se R\$ 62,96 e R\$23,49 para o saco de 60 kg de soja e milho, respectivamente. O custo de produção total levou em consideração os insumos aplicados em cada tratamento, operações agrícolas, custos administrativos e a remuneração dos fatores (terra, capital e trabalho) para o ano agrícola (soja e milho). A partir destes resultado foi calculado o índice de lucratividade que é a razão do lucro obtido pela receita anual, ou seja, o percentual de retorno do capital investido.

## **2.6 Análise estatística**

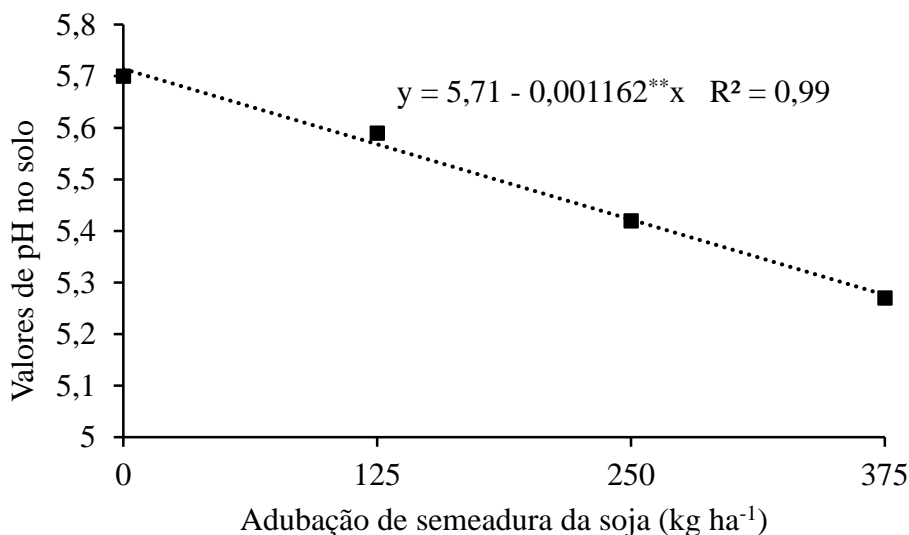
Os dados foram submetidos a análises de variância e, quando encontradas diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste F no nível de 5% de probabilidade, ajustaram-se modelos de regressão em função da relação de níveis de adubação de semeadura da soja com as variáveis avaliadas no estudo. Para avaliação das médias a partir dos sistemas de cultivo do milho segunda safra, o próprio teste F da análise de variância é conclusivo, sendo verificado com o auxílio do programa computacional ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2016a,b).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Atributos químicos do solo na profundidade 0-0,2 m

Logo após a colheita da soja safra 2013/2014, amostras de solo foram coletadas em todas as parcelas para verificar a resposta dos sistemas de cultivo do milho e da adubação de semeadura da soja na química do solo. Na avaliação da profundidade 0-0,2 m, a acidez ativa (pH CaCl<sub>2</sub>) e os teores de fósforo e potássio trocável no solo apresentaram diferenças significativas em função dos níveis de adubo utilizados na semeadura da soja.

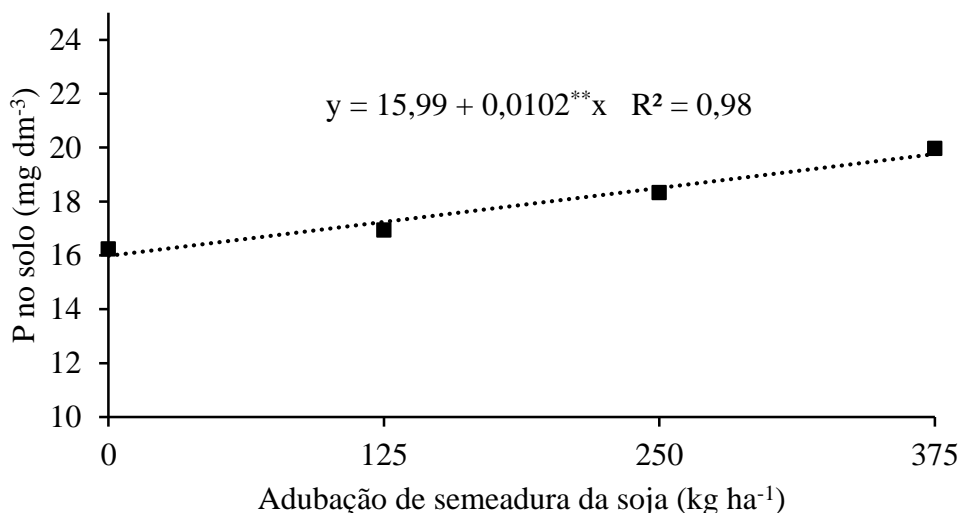
Os valores de pH do solo foram ajustados em regressão linear à 1% de probabilidade pelo efeito da adubação da soja. O maior índice de acidez observado, ou menor valor de pH, foi verificado no tratamento com aplicação de 375 kg ha<sup>-1</sup> do adubo 02-20-20 na semeadura da soja (pH 5,27) e a menor acidez quando não foi aplicado adubo na semeadura da cultura (Figura 2). Segundo Sousa et al. (2007) a aplicação de fertilizantes minerais interfere na acidez do solo pela oxidação do amônio presente no adubo, o qual tem efeito proporcional com os níveis de adubo fornecido no sistema.



**FIGURA 2.** Valores de pH CaCl<sub>2</sub> no solo na profundidade 0-0,2 m em função dos níveis de adubação de semeadura da soja em sucessão ao milho segunda safra.

Os teores de fósforo (P) no solo ajustaram-se em uma regressão linear ( $p \leq 0,01$ ) a partir dos níveis de adubo utilizados na semeadura da soja. Verificou-se que

à medida que elevou-se o nível de adubação no sistema, conseqüentemente, o teor deste nutrientes no solo teve o mesmo comportamento. Apesar disso, é importante destacar que mesmo o tratamento com ausência de adubação ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, P e K), aliado ao sistema de produção com semeadura direta e à correção inicial do solo com calcário e gesso, foi capaz de elevar  $3,68 \text{ mg dm}^{-3}$  o teor do nutriente no solo, já que inicialmente existia  $12,31 \text{ mg dm}^{-3}$  e nesta avaliação subiu para  $15,99 \text{ mg dm}^{-3}$  (Figura 3).



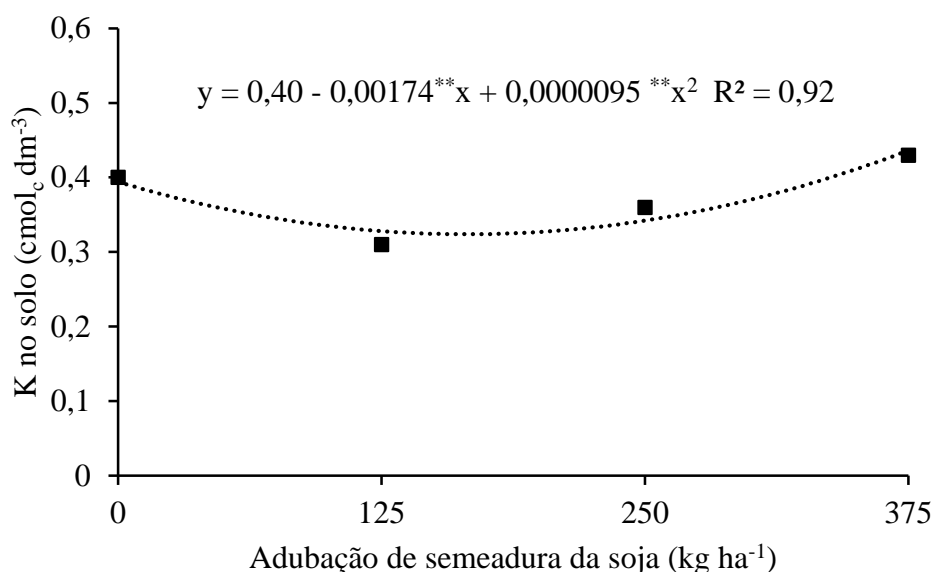
**FIGURA 3.** Teor P no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) na profundidade 0-0,2 m em função dos níveis de adubação de semeadura da soja em sucessão ao milho segunda safra.

De qualquer maneira, segundo as classes de interpretação da disponibilidade de fósforo na profundidade 0-0,2 m, descritas por Sousa e Lobato (1996), para todos os tratamentos (variação de  $15,99$  a  $19,80 \text{ mg dm}^{-3}$ ) os índices são considerados altos. Possivelmente, a ciclagem de nutrientes das culturas de outono/inverno (segunda safra) através da absorção dos elementos presente em maiores profundidades e futura decomposição dos resíduos vegetais remanescentes na superfície do solo e ao longo de seu perfil foram capazes de elevar os valores iniciais do nutriente no solo com o cultivo, já que segundo Garcia et al. (2008) este comportamento é bastante característico no cultivo de milho e *Brachiaria*.

De acordo com observações de Schoninger et al. (2013), as espécies pertencentes ao gênero *Brachiaria* têm capacidade de produzir um sistema radicular mais abundante e profundo, quando em condições de deficiência de P, o qual, conseqüentemente, pode aumentar a capacidade de absorção do nutriente, pelas

condições de aumento da área de contato das raízes com o solo, em razão da baixa mobilidade do fósforo no solo.

Na avaliação dos teores de potássio trocável ( $K^+$ ) no solo foi significativo o ajuste quadrático da regressão dos dados à 1% de probabilidade em razão dos níveis de adubação de semeadura da soja. O menor teor do nutriente ( $0,32 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) foi verificado na aplicação de  $91,81 \text{ kg ha}^{-1}$  do fertilizante 02-20-20 (Figura 4). Segundo a classificação proposta por Sousa e Lobato (1996), os teores encontrados definem o nutriente com alta disponibilidade para as culturas.



**FIGURA 4.** Teor  $K^+$  no solo ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) na profundidade 0-0,2 m em função dos níveis de adubação de semeadura da soja em sucessão ao milho segunda safra.

A saturação de potássio apresentou diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) na interação dos tipos de cultivo do milho segunda safra e os níveis de adubo utilizados na semeadura da soja. A saturação ideal de potássio no solo para produção de grãos é de 2-5% (ECKERT, 1987), sendo verificado para todos os tratamentos valores intermediários a este intervalo. No cultivo do milho consorciado com *B. ruziziensis* verificou-se a maior disponibilidade de potássio (3,55%) com a aplicação de  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  do adubo 02-20-20 na semeadura da soja, seguido do tratamento com ausência da adubação (2,91%). Já no sistema de produção do milho solteiro, as melhores saturações do nutriente foram verificados com a aplicação de 250 e  $375 \text{ kg ha}^{-1}$  do fertilizante na semeadura da soja, que alcançaram respectivamente 3,43 e 3,47% (Quadro 2).



**QUADRO 2.** Saturação de potássio no solo na profundidade 0-0,2 m em função da interação do milho solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis* e dos níveis de adubação de semeadura da soja.

Cultivo do milho	Níveis de adubação na soja (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	125	250	375
ConSORCIADO	2,91 aB	3,55 aA	2,27 bC	2,48 bC
SOLTEIRO	2,95 aB	2,86 bB	3,43 aA	3,47 aA

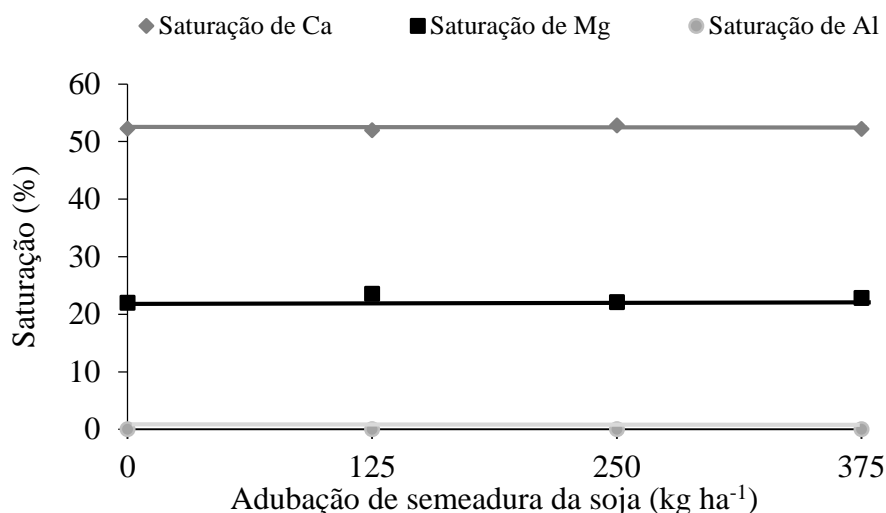
Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na coluna, não diferem entre si para o tipo de cultivo do milho segunda safra (consorciado com *B. ruziziensis* ou solteiro), pelo teste F a 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si para os níveis de adubação de semeadura da soja, para o teste Scott-Knott até 1% de probabilidade.

O resultado observado infere a importância do sistema de produção do milho e a necessidade de adequação da recomendação de adubação da sucessão de culturas, já que as condições iniciais do solo anteriormente a aplicação dos tratamentos eram semelhantes. O uso de boas práticas é fundamental para aumentar a eficiência dos fertilizantes e, conseqüentemente, intensificar os lucros da atividade. Neste contexto, a saturação de potássio no solo sob cultivo de milho solteiro foi exclusivamente dependente da adubação fornecida, enquanto a presença da pastagem no cultivo consorciado foi capaz de elevar a saturação de potássio no solo com a aplicação de 125 kg ha<sup>-1</sup> do adubo. Portanto, quando o fornecimento de nutrientes via adubação é suficiente para promover o crescimento inicial da pastagem, ela tem a capacidade de extrair potássio em camadas mais profundas e, por meio da sua decomposição liberar o nutriente na superfície e no perfil do solo, conforme comprovações de Crusciol et al. (2006) em estudo com *B. brizantha*.

Para as demais saturações (cálcio, magnésio e alumínio) não ocorreram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) pelo efeito isolado dos tratamentos e também pela interação dos sistemas de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*) e os níveis de adubação de semeadura da soja. Em média foram observadas saturações de: 52,3% de cálcio, 22,6% de magnésio e 0,0% de alumínio (Figura 5).

A ausência de alumínio no solo é favorável ao desenvolvimento das culturas produtoras de grãos, uma vez que este nutriente interfere diretamente no sistema radicular das plantas (impedimento químico). Entretanto, a saturação de cálcio e,

principalmente, magnésio no solo mostraram-se superiores aos balanços médios ideais ao desenvolvimento das culturas.



**FIGURA 5.** Saturação média de cálcio, magnésio e alumínio (%) na profundidade 0-0,2 m em função dos níveis de adubação de sementeira da soja em sucessão ao milho segunda safra.

De acordo com Fageria (2009) a maior produtividade de grãos de soja nas condições de Latossolo foi verificada quando a saturação de cálcio não ultrapassou 51% e a saturação de magnésio manteve-se entre 10 e 15%. Neste caso, a aplicação do calcário dolomítico para correção da acidez do solo no início do experimento deveria ter ocorrido com o calcário calcítico, já que os níveis de magnésio no solo estão muito elevados para o desenvolvimento normal das culturas.

Analisando a saturação por bases no solo notou-se efeito significativo dos dados à 1% de probabilidade pela interação dos tratamentos. Neste sentido, quando cultivou-se o milho em consórcio com *B. ruziziensis* foi encontrada a maior saturação por bases do sistema de produção (82,29%) com a aplicação de 125 kg ha<sup>-1</sup> do adubo 02-20-20, seguida do tratamento com ausência de adubação (79,94%). Já o sistema de cultivo solteiro do milho segunda safra, alcançou uma saturação por bases de 78,49% no tratamento com 250 kg ha<sup>-1</sup> do adubo que é estatisticamente diferente dos demais níveis de adubação para este sistema, e estatisticamente semelhante ao sistema consorciado com aplicação de 250 e 375 kg ha<sup>-1</sup> do adubo (Quadro 3).

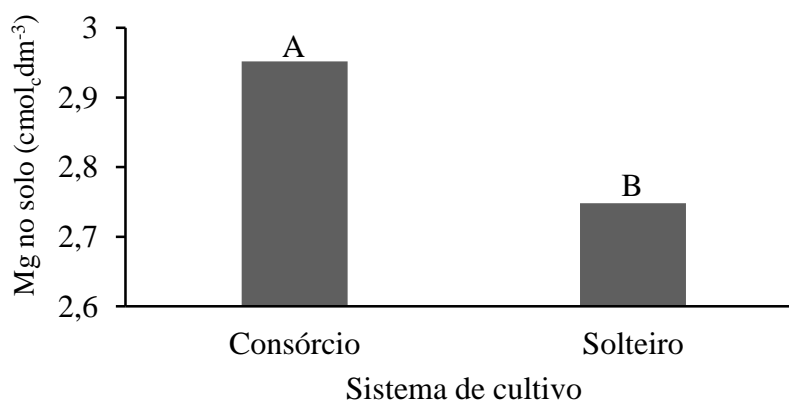
**QUADRO 3.** Saturação por bases no solo na profundidade 0-0,2 m em função da interação do milho solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis* e dos níveis de adubação de semeadura da soja.

Cultivo do milho	Níveis de adubação na soja (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	125	250	375
ConSORCIADO	79,94 aB	82,29 aA	77,25 aC	76,75 aC
SOLTEIRO	76,34 bB	75,67 bB	78,49 aA	76,46 aB

Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na coluna, não diferem entre si para o tipo de cultivo do milho segunda safra (consorciado com *B. ruziziensis* ou solteiro), pelo teste F a 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si para os níveis de adubação de semeadura da soja, para o teste Scott-Knott até 1% de probabilidade.

De acordo as recomendações de Souza e Lobato (1996) a saturação por bases nos Latossolo do cerrado brasileiro para produção de soja é de 50%. Entretanto, os resultados encontrados nesta pesquisa variaram de 82,29 a 75,67% e a produtividade das culturas foi superior as médias estaduais. Muitas pesquisas tem verificado consideráveis variações de produtividade da cultura em razão das mudanças na saturação por bases no solo, sendo portanto muito importante que a saturação esteja balanceada com a saturação dos elementos catiônicos no solo (ROSA, et al., 2015).

A calagem do solo para implantação do experimento foi suficiente para elevar os teores de cálcio e magnésio iniciais do solo. Além disso, a introdução da *B. ruziziensis* em consórcio com milho influenciou significativamente o teor de magnésio no solo, o qual promoveu acréscimo de 7% em comparação ao cultivo do milho solteiro (Figura 6).

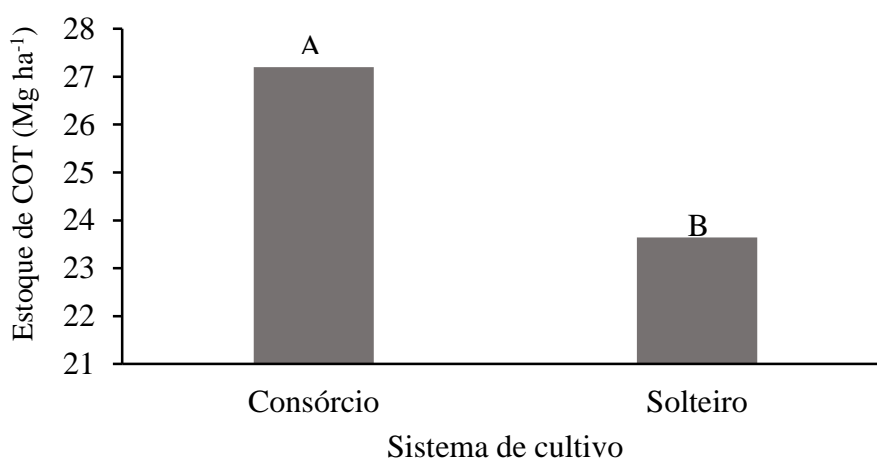


**FIGURA 6.** Teor de magnésio (Mg) no solo (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) na profundidade 0-0,2 m em função dos diferentes sistemas de cultivo do milho segunda safra (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*).

A semeadura direta é uma prática considerada conservacionista que promove incrementos de nutrientes na camada superficial do solo, em razão do não revolvimento e incorporação dos corretivos. Ao longo do perfil do solo também é possível o acréscimo de nutrientes, já que, segundo Franchini et al. (2000), a decomposição da biomassa promove a liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, que atuam como ligantes orgânicos, favorecendo o aumento de cálcio e magnésio e a redução do alumínio fitotóxico em profundidade.

Com relação aos teores de cálcio, H+Al, soma de bases e CTC do solo na profundidade 0-0,2 m não ocorreu diferenças significativas ( $p>0,05$ ) entre os sistemas de cultivo do milho segunda safra solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis* e os níveis de adubo utilizados na semeadura da soja. De qualquer maneira, vale relembrar que o solo anteriormente a aplicação do experimento já apresentava alta fertilidade, e por este motivo o manejo aplicado não foi capaz de interferir nestas variáveis, sendo verificados valores médios de:  $6,59 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Ca,  $2,79 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de H+Al,  $9,81 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de SB e  $12,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de CTC.

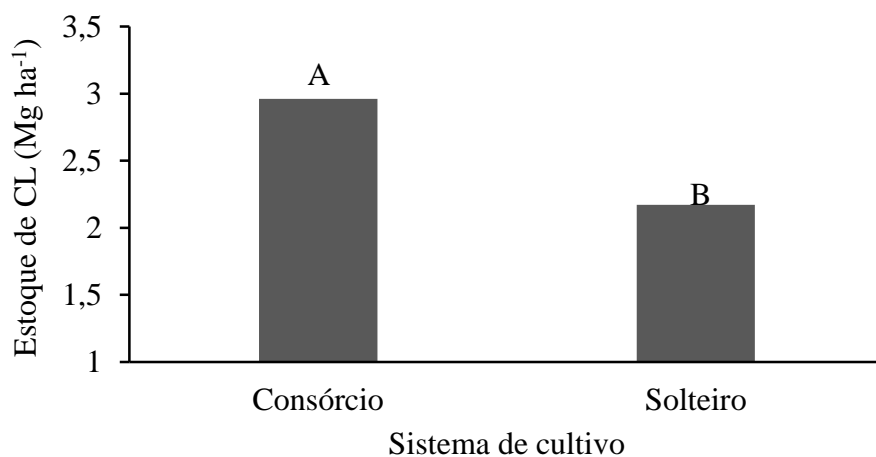
Na avaliação do estoque de carbono orgânico total (COT) no solo não houve efeito significativo da interação entre os sistemas de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*) e os níveis de adubação na semeadura da soja. Entretanto, o sistema de cultivo consorciado foi capaz de acumular mais C no solo em relação ao cultivo solteiro do milho, existindo diferença significativa ( $p<0,01$ ) entre os tratamentos (Figura 7).



**FIGURA 7.** Estoque de carbono orgânico total (COT) em  $\text{Mg ha}^{-1}$  na profundidade 0-0,2 m em função dos diferentes sistemas de cultivo do milho segunda safra (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*).

Resultados semelhantes foram observados por Crusciol et al. (2015) em Botucatu, SP. Os autores observaram incrementos de 28% de matéria orgânica do solo, na profundidade 0,2 m, quando o cultivo do milho verão foi consorciado com a *B. brizantha* cv. Marandu, em comparação ao cultivo solteiro do milho. Segundo Mancin et al. (2013) o volume e extensão do sistema radicular das pastagens são responsáveis pelo aumento da matéria orgânica do solo e também da concentração de nutrientes.

Na avaliação do estoque de carbono lábil (CL) verificou-se diferença significativa entre os sistemas de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*). Neste caso, o comportamento do COT e CL foram semelhantes, existindo uma forte relação do uso da *B. ruziziensis* em consórcio com o milho e o acúmulo de C no solo, o qual alcançou cerca de 2,96 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 8).



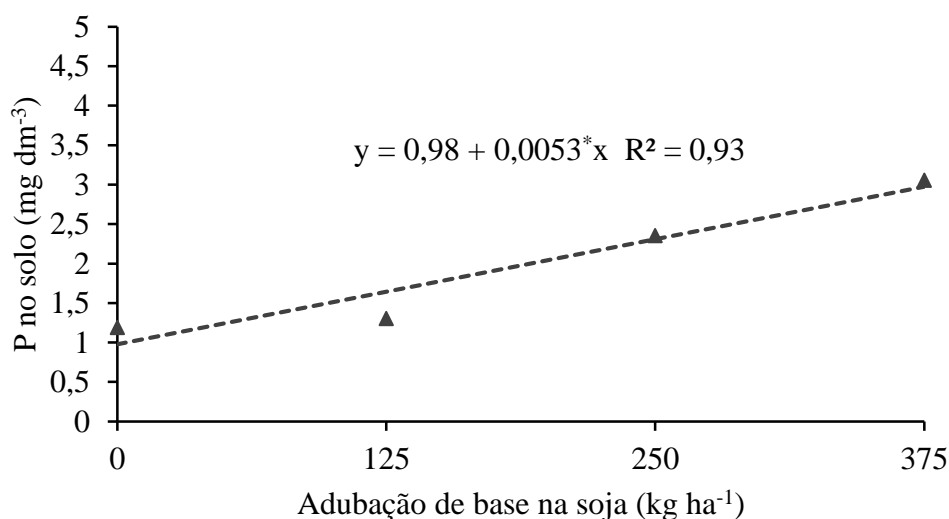
**FIGURA 8.** Estoque de carbono lábil (CL) em Mg ha<sup>-1</sup> na profundidade 0-0,2 m em função dos diferentes sistemas de cultivo do milho segunda safra (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*).

O aporte de resíduos vegetais tanto da parte aérea como das raízes estão diretamente relacionados com os resultados observados para os estoques de COT e CL. Sistemas de manejo e culturas agrícolas que, adicionam frequentemente material orgânico ao solo, tendem a apresentar maior proporção de carbono na fração lábil (CHAN et al., 2001). Salton et al. (2011) observaram que sistemas de produção que incluem pastagens (*Brachiaria* spp.) apresentam os maiores estoques de carbono nas frações mais lábeis da matéria orgânica do solo. Os resultados verificados corroboram com diversas pesquisas e inferem a importância das forrageiras na manutenção da qualidade do solo e sustentabilidade do sistema.

Ensinas et al. (2015), avaliando diferentes culturas de outono/inverno em plantio direto, sob condições semelhantes de cerrado, observaram os maiores estoques de COT quando o milho foi consorciado com *B. ruziziensis* (28,11 Mg ha<sup>-1</sup>) e *B. brizantha* cv. Marandu (28,05 Mg ha<sup>-1</sup>). Segundo os autores, a fração lábil da matéria orgânica foi mais sensível em destacar as alterações nos estoques de carbono entre os anos agrícolas avaliados.

#### Atributos químicos do solo na profundidade 0,2-0,4 m

Os teores de fósforo no solo na profundidade 0,2-0,4 m apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) aos níveis de adubação de semeadura da soja. Os dados se ajustaram a regressão linear, sendo verificado o ponto de máxima observação (2,97 mg dm<sup>-3</sup>) do nutriente no solo ao aplicar 375 kg ha<sup>-1</sup> do adubo 02-20-20 e o ponto de mínima (0,98 mg dm<sup>-3</sup>) no tratamento com ausência da adubação (Figura 9).



**FIGURA 9.** Teor de fósforo (P) no solo (mg dm<sup>-3</sup>) na profundidade 0,2-0,4 m em função dos níveis de adubação de semeadura da soja em sucessão ao milho segunda safra.

Analisando o tratamento com ausência de adubação na semeadura da soja, verifica-se que o teor de P no solo na profundidade 0,2-0,4 m reduziu no decorrer do cultivo, uma vez que inicialmente existia 1,36 mg dm<sup>-3</sup> e após a colheita da soja o teor chegou a 0,98 mg dm<sup>-3</sup>. Este fato comprova o poder das gramíneas (milho e pastagem) em absorver os nutrientes nas camadas mais profundas e, posteriormente disponibiliza-los na superfície através da decomposição dos resíduos.

### Concentração de nutrientes da soja

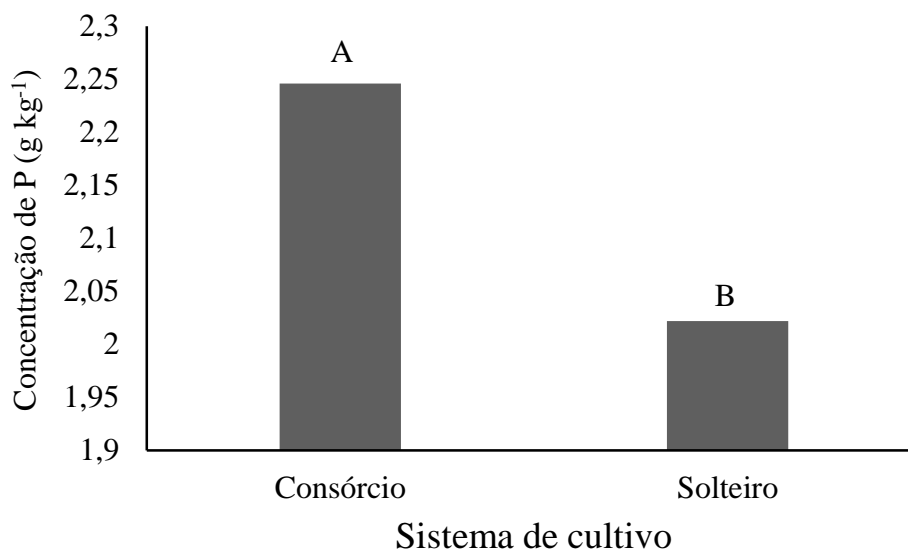
O cultivo integrado do milho com a pastagem promoveu diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade apenas para o teor foliar de fósforo na soja. Os níveis de adubação na cultura e sua interação com os sistemas de cultivo do milho não promoveram efeito significativo na avaliação nutricional de N, P e K na soja (Quadro 4).

**QUADRO 4.** Resumo da análise de variância do estado nutricional da soja sob diferentes níveis de adubação na semeadura e em sucessão a duas modalidades de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*).

<b>NITROGÊNIO</b>			
<b>FONTE DE VARIAÇÃO</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F cal</b>
Consórcio	1	0,50501	0,1487 ns
Adubação	3	0,65531	0,1929 ns
Consórcio x Adubação	3	7,60151	2,2377 ns
<b>FÓSFORO</b>			
<b>FONTE DE VARIAÇÃO</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F cal</b>
Consórcio	1	0,40051	7,7147 *
Adubação	3	0,01364	0,2628 ns
Consórcio x Adubação	3	0,11512	2,2175 ns
<b>POTÁSSIO</b>			
<b>FONTE DE VARIAÇÃO</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F cal</b>
Consórcio	1	6,125	0,3955 ns
Adubação	3	9,26	0,5972 ns
Consórcio x Adubação	3	26,375	1,7029 ns

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os teores médios de nitrogênio e potássio na planta foram de 28,21 e 14,50 g kg<sup>-1</sup>. O sistema de sucessão de culturas com a inclusão da pastagem favoreceu uma melhor absorção e acúmulo de fósforo nas folhas da soja (2,25 g kg<sup>-1</sup>), sendo verificado um acréscimo de 10% quando comparado ao cultivo solteiro do milho (Figura 10).



**FIGURA 10.** Concentração de fósforo (P) nas folhas em g kg<sup>-1</sup> em função dos diferentes sistemas de cultivo (milho solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*).

O fósforo é considerado um elemento de baixa mobilidade no solo e a ciclagem do nutriente pelas longas raízes da pastagem provavelmente favoreceram seu melhor aproveitamento em razão da melhor distribuição. De acordo com Crusciol et al (2009) a introdução de espécies forrageiras tem se destacado em razão da elevada produtividade de matéria seca e eficiência em reciclagem de nutrientes, uma vez que, estas gramíneas possuem o sistema radicular agressivo, capaz de explorar maior volume de solo, podendo alcançar mais de um metro de profundidade e aproveitando a adubação residual da cultura de verão. O grande volume de raízes da *Brachiaria* explora maior área do solo, favorecendo uma melhor ciclagem de nutrientes e agregação do solo e, conseqüentemente, permite um melhor desenvolvimento do sistema radicular da cultura sucessora (CHIODEROLI, 2013).

Segundo Colombo et al. (2016) a absorção do fósforo tem relação direta com seu sistema radicular em razão da baixa mobilidade do elemento no solo. A absorção deste nutriente na solução do solo ocorre por interceptação radicular, de modo que as plantas de maior sistema radicular apresentam vantagens na sua captura (PROCÓPIO et al., 2005).



## Produtividade do Milho

A produtividade do milho segunda safra não apresentou diferenças significativas pelo sistema de cultivo (solteiro ou consorciado) e pelos níveis de adubo na semeadura da cultura antecessora soja. A interação entre os tratamentos também não interferiu estatisticamente na produtividade do milho, como pode ser observado no resumo da análise de variância (Quadro 5).

**QUADRO 5.** Resumo da análise de variância da produtividade de grãos de milho segunda safra cultivado na modalidade solteiro e consorciado com *B. ruziziensis* em sucessão ao cultivo de soja sob diferentes níveis de adubação de semeadura nos anos agrícolas 2012 e 2013.

<b>MILHO 2012</b>			
<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>QM</b>	<b>Fcal</b>
Consórcio	1	91086,59	0,219 <sup>ns</sup>
Adubação	3	315899,49	0,76 <sup>ns</sup>
Consórcio x Adubação	3	48857,36	0,118 <sup>ns</sup>
<b>MILHO 2013</b>			
<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>QM</b>	<b>Fcal</b>
Consórcio	1	50391,78	0,169 <sup>ns</sup>
Adubação	3	330957,69	1,111 <sup>ns</sup>
Consórcio x Adubação	3	554439,80	1,861 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F.

Nos anos agrícolas 2012 e 2013 a produtividade média de grãos de milho foi de 6598,65 kg ha<sup>-1</sup> e 5440,47 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, o qual superaram as médias do Estado Mato Grosso do Sul de 5100,00 kg ha<sup>-1</sup> e 5140,00 kg ha<sup>-1</sup> registrados na evolução da produtividade do milho (CONAB, 2014). Pelo fato da produtividade do milho no sistema consorciado manter-se semelhante ao cultivo solteiro confere viabilidade a este sistema de manejo em razão dos benefícios na química do solo. Este resultado corrobora com a análise de Klutchocouski e Aidar (2003) que atribuíram a implantação e condução deste sistema, denominado como Santa Fé, como viável quando a população das espécies é favorável ao desenvolvimento das culturas.

Neste contexto, verifica-se que a população de *B. ruziziensis* escolhida neste estudo (250 pontos VC ha<sup>-1</sup>) em semeadura à lanço foi adequada para o bom estabelecimento e desenvolvimento do milho, já que não promoveu competição e prejuízos significativos na produção. A ausência ou redução da aplicação de herbicida gramínica em pós-emergência, em sistema consorciado, garante melhor produtividade

pela redução dos efeitos fitotóxicos na cultura do milho (KLUTHICOUSKI e AIDAR, 2003).

Resultados semelhantes foram observados por Ceccon et al. (2005) em diferentes municípios de Mato Grosso do Sul, onde a produtividade do milho não foi afetada pela presença de espécies forrageiras em consórcio, além de outros parâmetros de avaliação como a altura e a produção de matéria seca da parte aérea da cultura. Já Pariz et al. (2011) constataram sinais de competição das forrageiras *B. ruziziensis*, *B. brizantha*, *B. decumbes* e *B. híbrido* cv. Mulato II com a cultura do milho quando estas foram implantadas em semeadura à lanço (6371 kg ha<sup>-1</sup>), em comparação à semeadura na linha (7433 kg ha<sup>-1</sup>), atribuindo a competição pela maior produção de massa seca em virtude da melhor distribuição espacial das sementes da pastagem.

### Produtividade da soja

A produtividade da soja, em sucessão ao milho solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis* apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), na safra 2012/2013, onde a inclusão da pastagem no sistema de produção incrementou a produtividade da soja em sucessão. Já a redução da adubação de semeadura da soja e sua interação com o sistema de cultivo não proporcionaram diferenças significativas na produtividade da cultura (Quadro 6).

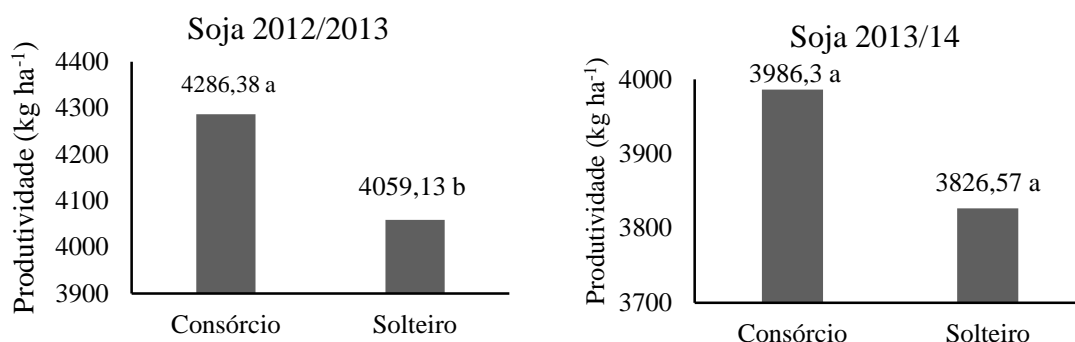
**QUADRO 6.** Resumo da análise de variância da produtividade de grãos de soja em diferentes níveis de adubação de semeadura sob duas modalidades de cultivos do milho segunda safra (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*) nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.

<b>SOJA SAFRA 2012 / 2013</b>			
<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>QM</b>	<b>Fcal</b>
Consórcio	1	413147,09	5,952 *
Adubação	3	199702,80	2,877 <sup>ns</sup>
Consórcio x Adubação	3	155251,21	2,237 <sup>ns</sup>
<b>SOJA SAFRA 2013 / 2014</b>			
<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>QM</b>	<b>Fcal</b>
Consórcio	1	204111,94	1,891 <sup>ns</sup>
Adubação	3	312677,25	2,896 <sup>ns</sup>
Consórcio x Adubação	3	56678,69	0,525 <sup>ns</sup>

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

No ano agrícola 2012/2013 a produtividade da soja foi 5,6% superior quando a cultura antecessora foi o milho em consórcio com a *B. ruziziensis* (4286,38 kg

ha<sup>-1</sup>), em comparação ao sistema de sucessão com milho solteiro (4059,13 kg ha<sup>-1</sup>). Já na safra 2013/14 não foi verificada diferenças significativas entre os sistemas de produção, sendo observada uma produtividade média geral de 3906,44 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 11), valor este que foi superior à média nacional deste mesmo ano agrícola de 2865 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014).



**FIGURA 11.** Produtividade de grãos de soja sob duas modalidades de cultivos da cultura anterior (milho solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*) nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.

Avaliando o mês de janeiro de 2013 e janeiro de 2014, momento este em que a cultura da soja estava formando e enchendo grãos, houve um volume acumulado de 130 e 250 mm de chuva para os respectivos anos, e condições semelhantes de temperatura, em torno de 26 °C (Figura 1). Notou-se que no ano menos chuvoso os resíduos remanescentes da *B. ruziziensis* foram importantes para a cultura expressar o seu potencial produtivo, uma vez que estes promoveram proteção contra as altas temperaturas e melhor infiltração e manutenção de água no perfil do solo em um maior intervalo de tempo.

Segundo Franchini et al. (2009), quando o milho é cultivado consorciado com a *Brachiaria*, o sistema acarreta em uma melhor cobertura do solo (distribuição e longevidade) e, conseqüentemente, as perdas de água por evaporação são reduzidas, preservando e/ou melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Veronese et al. (2012) corroboram com os resultados e verificaram incrementos de 3,39 sacas ha<sup>-1</sup> de soja quando a cultura anterior foi *Brachiaria* (2327,50 kg ha<sup>-1</sup>).

Além dos benefícios diretos dos resíduos vegetais na disponibilidade hídrica e na proteção do solo contra as altas temperaturas e processos erosivos, a produtividade

da soja pós milho segunda safra consorciado foi superior em razão da maior disponibilidade de nutrientes promovida pela presença da pastagem *B. ruziziensis*.

### Índice de lucratividade

Apesar da adubação proposta não conferir diferenças significativas aos sistemas de produção, é importante ter conhecimento da manutenção do solo produtivo e também da rentabilidade da atividade. Neste sentido, a lucratividade é a taxa disponível da receita após o pagamento de todos os custos operacionais e da remuneração dos fatores (uso da terra, capital e trabalho). Para tanto, adaptou-se os custos de produção regional propostos por Richetti et al. (2015) e Richetti (2016) para as respectivas culturas do milho (Quadro 7) e soja (Quadro 8).

**QUADRO 7.** Custo total de produção do milho segunda safra no Mato Grosso do Sul, levando em consideração o sistema de cultivo.

Sistema de cultivo	Milho solteiro	Milho Consorciado
Componentes do custo	Custo total (R\$ ha <sup>-1</sup> )	Custo total (R\$ ha <sup>-1</sup> )
Insumos	1066,85	1112,01
- DKB 390 VTPRO	550,00	550,00
- <i>Brachiaria ruziziensis</i>		
- R\$ 22,00 kg <sup>-1</sup> VC 75%	0,00	73,26
- 12-15-15 R\$ 1260,00 t <sup>-1</sup>	333,90	333,90
- Herbicidas	72,35	44,25
- Inseticidas	110,60	110,60
Operações Agrícolas	430,65	419,28
Custos administrativos	29,80	27,58
Depreciação	188,25	181,45
Custo Operacional	1715,55	1740,32
Remuneração dos fatores	550,87	542,87
<b>Custo Total</b>	<b>2266,42</b>	<b>2283,19</b>

O custo operacional total para produção do milho segunda safra consorciado com a *B. ruziziensis* é superior ao cultivo convencional do milho, em razão de custos extras para aquisição e distribuição das sementes de pastagem. Neste sentido, o cultivo do milho consorciado demanda R\$ 16,77 ha<sup>-1</sup> a mais do que o cultivo solteiro. Já o custo de produção final da soja foi alterado pelos níveis de adubação aplicados em cada tratamento, sendo conseqüentemente o maior custo equivalente a maior adubação.

**QUADRO 8.** Custo total de produção da soja no Mato Grosso do Sul, levando em consideração níveis de adubação de semeadura.

Níveis de Adubação	0 kg ha <sup>-1</sup>	125 kg ha <sup>-1</sup>	250 kg ha <sup>-1</sup>	375 kg ha <sup>-1</sup>
Componentes do custo	(R\$ ha <sup>-1</sup> )	(R\$ ha <sup>-1</sup> )	(R\$ ha <sup>-1</sup> )	(R\$ ha <sup>-1</sup> )
Insumos	796,61	954,74	1112,86	1270,99
- Sementes	120,00	120,00	120,00	120,00
- Adubo 02-20-20 (R\$ 1265,00 t <sup>-1</sup> )	0,00	158,13	316,24	474,38
- Corretivos	174,35	174,35	174,35	174,35
- Herbicidas	172,05	172,05	172,05	172,05
- Inseticidas	133,11	133,11	133,11	133,11
- Fungicidas	115,92	115,92	115,92	115,92
- Outros insumos	81,18	81,18	81,18	81,18
Operações Agrícolas	470,44	470,44	470,44	470,44
Custos administrativos	55,53	55,53	55,53	55,53
Depreciação	222,18	222,18	222,18	222,18
Custo Operacional	1544,76	1702,89	1861,01	2019,14
Remuneração dos fatores	731,09	731,09	731,09	731,09
<b>Custo Total</b>	<b>2275,85</b>	<b>2433,98</b>	<b>2592,10</b>	<b>2750,23</b>

A partir do custo de produção de cada cultura foi calculado o custo total de produção anual para os tratamentos estudados no experimento, com o somatório da safra de soja e milho. O lucro obtido refere-se a diferença entre a receita média de produção da safrinha 2012 e 2013 e da safra 2012/13 e 2013/14 e o custo total de produção anual. E o índice de lucratividade corresponde a razão entre o lucro obtido e a receita anual da sucessão (Quadro 9).

**QUADRO 9.** Receita anual, custo de produção e lucro obtido médios em R\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e índice de lucratividade (%) da sucessão soja com diferentes níveis de adubação de semeadura e milho segunda safra (consorciado ou solteiro).

Tipo de cultivo do milho	Níveis de adubação	Receita anual	Custo de produção	Lucro obtido	Índice de lucratividade
Consorciado	0 kg ha <sup>-1</sup>	6516,23	4559,04	1957,19	30,04
Consorciado	125 kg ha <sup>-1</sup>	6710,36	4717,17	1993,19	29,70
Consorciado	250 kg ha <sup>-1</sup>	6907,10	4875,29	2031,81	29,42
Consorciado	375 kg ha <sup>-1</sup>	6836,00	5033,42	1802,58	26,37
Solteiro	0 kg ha <sup>-1</sup>	6291,33	4542,27	1749,06	27,80
Solteiro	125 kg ha <sup>-1</sup>	6565,73	4700,40	1865,33	28,41
Solteiro	250 kg ha <sup>-1</sup>	6596,44	4858,52	1737,92	26,35
Solteiro	375 kg ha <sup>-1</sup>	6626,43	5016,65	1609,78	24,29

O lucro anual obtido e o índice de lucratividade do sistema de produção apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) quanto ao modelo de sucessão de culturas da soja com o milho solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*. Para ambas variáveis o sistema de cultivo com a inclusão da pastagem garantiu um melhor retorno do capital investido. Quando comparado os dois sistemas foi verificado um índice de lucratividade 8,2% superior no sistema consorciado, ou ainda R\$ 205,68 para cada hectare no ano agrícola (Quadro 10).

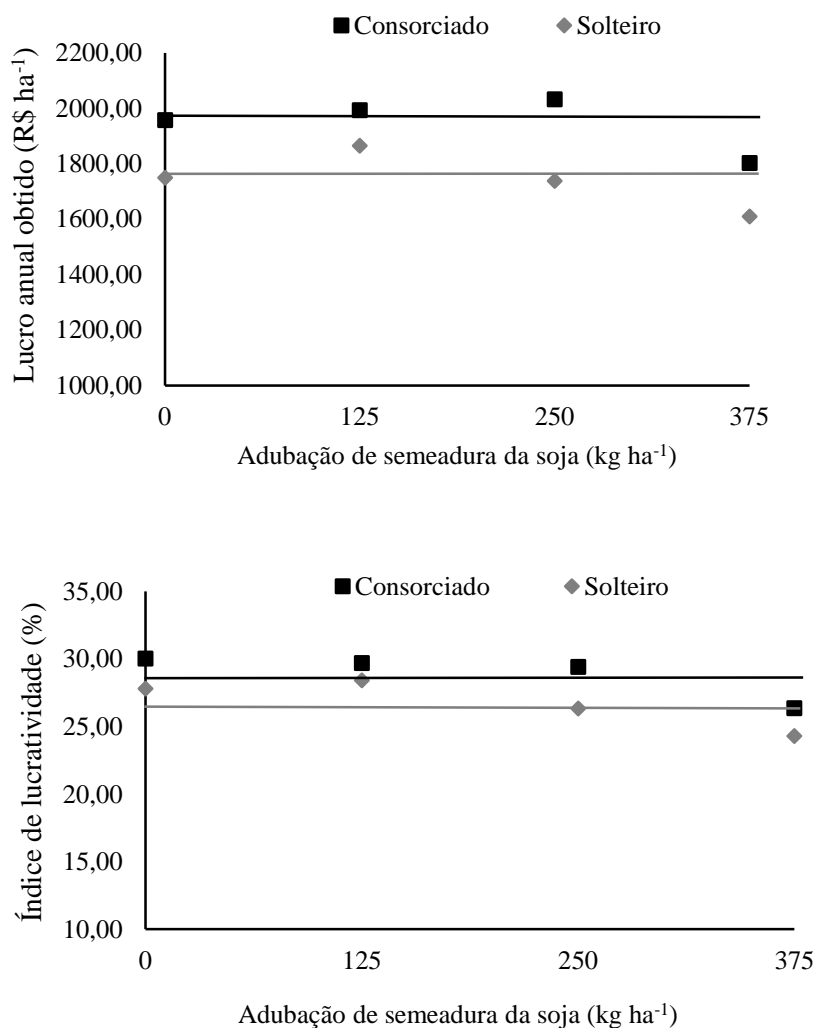
**QUADRO 10.** Valores médios do lucro anual e índice de lucratividade em função dos diferentes tipos de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*).

Tipo de cultivo do milho	Lucro anual obtido (R\$ ha <sup>-1</sup> )	Índice de lucratividade (%)
Consoiciado	1946,20 a	28,77 a
Solteiro	1740,52 b	26,41 b

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste F à 5% de probabilidade.

O ganho em produtividade verificado na safra de soja 2012/2013 (Figura 2) foi primordial para elevar o lucro final obtido e o índice de lucratividade médio das duas safras no sistema de sucessão de culturas com a pastagem em consórcio. Neste caso, a maior produção de resíduos vegetais do sistema milho consorciado com *B. ruziziensis* (14,4 t ha<sup>-1</sup>) contra o milho solteiro (9,9 t ha<sup>-1</sup>) garantiram um melhor desenvolvimento da soja e conseqüentemente melhor produtividade neste ano em que ocorreu restrição hídrica. Os resultados comprovam os benefícios da manutenção de resíduos sobre o solo conferindo proteção à cultura e ao ambiente, além da sustentabilidade econômica do sistema.

Já, ao avaliar a regressão dos níveis de adubação de semeadura da soja nos diferentes tipos de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*) não existiram diferenças significativas para o lucro anual obtido e índice de lucratividade, apenas para o efeito isolado cultivo consorciado do milho que proporcionou os maiores índices (Figura 12). Verificou-se que alta fertilidade do solo foi suficiente para a cultura da soja expressar seu potencial produtivo mesmo em condições de ausência do fertilizante na semeadura, o qual garantiu índices de lucratividade semelhantes aos demais tratamentos adubados nos diferentes níveis.



**FIGURA 12.** Lucro anual obtido (R\$ ha<sup>-1</sup>) e índice de lucratividade (%) dos diferentes sistemas de cultivo do milho (solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*), sob níveis de adubação da sementeira da soja.

Neste caso específico de produção em solos de alta fertilidade não são esperados resultados estatisticamente diferentes aos níveis de adubação, já que a base do sistema apresenta boas condições químicas para o desenvolvimento das culturas. Apesar dos resultados indicarem condições semelhantes de rendimentos para todos os níveis de adubação, inclusive a sementeira sem adubo, é importante a manutenção da alta fertilidade do solo e para tanto recomenda-se uma adubação de manutenção com o fornecimento mínimo da taxa de exportação das culturas.

A fim de estimar a taxa de exportação de nutrientes da soja, Magalhães et al. (2015) tomaram como base os valores nutricionais das sementes. Os autores avaliaram o

acúmulo de nutrientes em diferentes tamanhos de sementes e variedades, sendo verificado uma correlação maior acúmulo de N em sementes maiores. Apesar da relação citada, foi verificado um acúmulo médio de 5,76 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,53 g kg<sup>-1</sup> de P e 1,62 g kg<sup>-1</sup> de K. No contexto deste experimento, a produtividade média da soja alcançou 4000 kg ha<sup>-1</sup>, o qual tem um potencial de extração de 230,4 kg ha<sup>-1</sup> de N, 21,2 kg ha<sup>-1</sup> de P e 64,80 kg ha<sup>-1</sup> de K, sendo então necessário um manejo eficiente de reposição destes nutrientes através da fixação biológica de N, adubação na semeadura e/ou em cobertura. O acompanhamento da química do solo, através de análises laboratoriais, é importante para evitar a saturação de nutrientes na solução e prejuízos às culturas e ao ambiente.

O consórcio formado nos dois anos agrícolas produziu em média 4,5 t ha<sup>-1</sup> a mais de resíduos vegetais remanescentes que o cultivo solteiro do milho. Este resíduo proporcionou importantes incrementos na fertilidade do solo e também na qualidade do sistema pela avaliação dos estoques de C. Além disso, o fato da pastagem em consórcio não ter proporcionado redução na produtividade do milho fortalece a viabilidade de adoção deste sistema de produção. De acordo com Pires et al. (2000) o sucesso do sistema inicia no correto dimensionamento da população de plantas.



#### 4. CONCLUSÕES

O cultivo agrícola em solos de alta fertilidade exige mudanças no sistema de adubação para elevar o índice de lucratividade da atividade. A adubação de semeadura da soja com níveis que garantam a reposição da exportação dos nutrientes pelos grãos é suficiente para manter a fertilidade do solo e a lucratividade da produção, que foi superior no sistema com a pastagem em consórcio.

A introdução da *B. ruziziensis* na sucessão de culturas com soja e milho segunda safra melhora a qualidade do solo. Além disso, os resíduos remanescentes da pastagem proporcionam melhores condições de desenvolvimento da soja em sucessão, o qual mantém o potencial produtivo da cultura mesmo em condições de restrição hídrica.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROLINK, **Cotações de grãos 2016**. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/cotacoes/graos> > Acesso 26/10/2016.

ALTMANN, N. Adubação de sistemas integrados de produção em plantio direto: resultados práticos no cerrado. **Informações Agronômicas**, n. 140, p. 1-8, 2012.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; NETO, M. M. G. **A cultura do milho na integração lavoura-pecuária**. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, 2006. 12 p. (Circular Técnica, 80).

ALVIM, M. I. S. A.; OLIVEIRA JUNIOR, L. B. Análise da competitividade da produção de soja no sistema plantio direto no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 3, p. 505-528, 2005.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BENITES, V. M.; POLIDORO, K. C.; RESENDE, A. V. Oportunidades para a inovação tecnológica no setor de fertilizantes no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 18-21, 2010.

BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. A.; SILVA, C. A. Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J.R.R. (Ed). **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2002. p. 61-77.

BRUULSEMA, T. W.; GARCIA, F.; SATYANARYANA, T. O conceito de manejo de nutrientes 4C. In: BRUULSEMA, T. W.; FIXEN, P. E.; SULEWSKI, G. D. (ed.) **4C Nutrição de plantas: um manual para melhorar o manejo da nutrição de plantas**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2013. p. 3-9.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. de. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 1028- 1035, 2010.

CARVALHO, P. F. C.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E. D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; TERRA-LOPES, M. L.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; WESP, C. L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, p. 259–273, 2010.

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ano 16, n. 97, p.17-20, 2007.

CECCON, G.; SAGRILO, E.; FERNANDES, F. M.; MACHADO, L. A. Z.; STAUT, L. A.; PEREIRA, M. G.; BACKES, C. F.; ASSIS, P. G. G.; SOUZA, G. A. Milho safrinha em consórcio com alternativas de outono-inverno para produção de palha e grãos, em Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 2005, Assis. **Anais...** Campinas, Instituto Agrônomo, 2005.

CHAN, K. Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fraction and soil quality changes in a Paleustalf under different pasture leys. **Soil Science**, v. 166, n. 1, p. 61-67, 2001.

CHIODEROLI, C. A. **Consortiação de Brachiarias com milho em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão**. 2013. 174 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2013.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN, A. L. Consortiação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. revisão atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212p. (Documento 1).

COLOMBO, G. A.; PELÚZIO, J. M.; PIRES, L. P. M.; DARONCH, D. J.; MACHADO FILHO, G. C. Phosphorus use efficiency of soybean cultivars in Cerrado conditions of Tocantins, Brazil. **Journal of Bioenergy and Food Science**. v. 3, n. 1, p. 42-49, 2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira Grãos**. Décimo segundo Levantamento Setembro 2014. Acesso eletrônico: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_09\\_10\\_14\\_35\\_09\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_setembro_2014.pdf)

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira Grãos 2016** Disponível em <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos)> 2016. Acesso em: 30 de Junho de 2016.

CONTE, O.; WESP, C. L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 579-587, 2011.

CRUSCIOL, C. A. C; BORGHI, E.; GUARAGNA, J. G. Alterações na fertilidade do solo após dois anos de integração agricultura-pecuária. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2006, Bonito. **Anais...** Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; BORGHI, E.; SORATTO, R. P.; MARTINS, P. O. Improving soil fertility and crop yield in a tropical region with palisadegrass cover crops. **Agronomy Journal**, v. 107, p. 2271-2280. n. 6, 2015.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATEUS, G. P. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, n. 125, p. 2-15, 2009.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A.; HONGWEN, L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2010.

ECKERT, D. J. Soil test interpretations: basic cation saturation ratios and sufficiency levels. In: BROWN, J. R. (ed.) **Soil testing: sampling, correlation, calibration, and interpretation**. Madison: Soil Science Society of America, 1987. p. 53-64.

ENSINAS, S. C.; SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; SILVA, E. F. da; PRADO, E. A. F. do; ALTOMAR, P. H.; LOURENTE, E. R. P.; MARTINEZ, M. A.; POTRICH, D. C.; CONRAD, V. do A.; ROSA, C. B. C. J.; MATOS, F. A.; MIRANDA, R. de A. S. Impact of above-ground dry matter residue from cover crops on fall-winter corn and spring-summer soybean yield under no-tillage system. **Australian Journal of Crop Science**, v.9, p. 1165-1172, 2015.

FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton-Florida/New York: CRC Press, 2009. 430 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, C. F. Produtividade de feijão no Sistema Plantio Direto com aplicação de zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 73-78, 2004.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 459-467, 2000.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p. (Documentos 314).

GARCIA, C. M. de P.; ANDREOTTI, M; TARSITANO, M. A. A .; FILHO, M. C. M. T.; LIMA, A. E. da S.; BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto, **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 157-163, 2012.

GARCIA, R. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 579-585, 2008.

GLAT, D. Perspectivas do milho para 2002. **Plantio Direto**, v. 69, p. 15-17, 2002.

GONÇALVES, S. L.; FRANCHINI, J. C. **Integração lavoura pecuária**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 8p. (Circular técnica, 44).

HERRERO, M.; THORNTON, P. K.; NOTENBAERT, A. M.; WOOD, S.; MSANGI, S.; FREEMAN, H. A.; BOSSIO, D.; DIXON, J.; PETERS, M.; STEEG, J. van de; LYNAM, J.; PARTHASARATHY RAO, P.; MACMILLAN, S.; GERARD, B.; MCDERMOTT, J.; SERÉ, C.; ROSEGRANT, M. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**, v. 327, p. 822-825, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **2017**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201701\\_4.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201701_4.shtm). Acesso em 20 de fevereiro de 2017.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Manejo da fertilidade do solo em sistemas de produção no Mato Grosso. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO; 3 SIMPÓSIO SOBRE LEPDÓPTEROS COMUNS A MILHO, SOJA E ALGODÃO, 1., 2014, Salvador. **Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global**: palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. p. 358-381.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração Lavoura e Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-441.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 478p, 1948.

LACERDA, J. J. J.; RESENDE, A. V.; FIRTINI NETO, A. E.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O. P. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 769-778, 2015.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. D.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 33- 43, 2012.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1269-1276, 2011.

MAGALHÃES, W. de A.; MEGAIOLI, T. G.; FREDDI, O. da S.; SANTOS, M. A. dos. Quantificação de nutrientes em sementes de soja. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 2, p. 95-100, 2015.

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

MANCIN, C. R.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; PEREIRA, S. B.; ZANON, G. D.; SILVA, F. P. M. Organic matter in a dystroferic Red Latossol under no-tillage. **Semina Ciências Agrárias**. n. 34, p. 635–648, 2013.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2013. **Projeções do agronegócio: Brasil 2012/13 a 2022/23 - Projeções de longo prazo**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica, Brasília: Mapa/ACS, 2013. 96p

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ANGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, v. 28, p. 7-28, 1998.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA, R. T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 397-405, 2009.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O., (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica dos solos**. Porto Alegre, Gênese, p. 1-9, 1999.

MOREIRA, F. L. M.; MOTA, F. O. B.; CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, B. M. de; BOMFIM, G. V. do. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agrônoma**, v. 37, p. 7-12, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.<sup>a</sup> ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

NASCENTE, A. S.; LI, Y. C.; CURSCIOL, C. A. C. Cover crops and no-till effects on physical fractions of soil organic matter. **Soil and Tillage Research**, v. 130, p. 52–57, 2013.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. Soja, In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 3, p. 5-42, 2010.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M. de; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, 2000.

POTRICH, D. C. **Decomposição de resíduos culturais submetidos a diferentes doses de nitrogênio**. 2012. 36f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; PIRES, F. R.; SILVA, A. A.; MENDONÇA, E. S. Absorption and utilization of phosphorus by soybean and bean and weeds. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, p. 911-921, 2005.

RICHETTI, A. **Viabilidade Econômica da Cultura da Soja na Safra 2016/2017, em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2016, 5 p. (Comunicado Técnico 211).

RICHETTI, A.; FLUMIGNAN, D. L.; ALMEIDA, A. C. dos S. **Viabilidade Econômica do Milho Safrinha, Sequeiro e Irrigado, na Região Sul de Mato Grosso do Sul, para 2016**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015, 13 p. (Comunicado Técnico 207).

ROSA, C. B. C. J.; MARCHETTI, M. E.; SERRA, A. P.; ROSA, M. S. M.; ENSINAS, S. C.; CONRAD, V. do A.; ALTOMAR, P. H.; POTRICH, D. C.; MARTINEZ, M. A. Short-term effects of lime management in soybean no-tillage system implementation in Brazilian savannah. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 3, p. 232-241, 2015.

ROSOLEM, V.; RESENDE, T. M.; BORGES, E. N.; FRARE, C. T.; MACHADO, H. A. Variações nos teores do C total e isotópico do solo após substituição do cerrado em sistemas agrícolas no Triângulo Mineiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, n. 1, p.157-168, 2012.

SALTON, J. C.; FABRICIO, A. C.; HERNANI, L. C. Rotação lavoura pastagem no sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 92-99, 2001.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 58p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29).

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. revisada e ampliada. Brasília: Embrapa solos, 353 p. 2013.

SCHONINGER, E. L.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R. Fertilização com fosfato natural e cinética de absorção de fósforo de soja e plantas de cobertura do cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 95-106, 2013.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio: II - implicações sobre as espécies forrageiras. **Revista Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 45-52, 2006.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; COSTA, K. A. P.; CARDUCCI, C. E. Preconsolidation pressure, soil water retention characteristics, and texture of Latosols in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 51, p. 193-202, 2013.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in tropical Oxisol: Evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, and magnetic fractionations. **Soil Science**, v. 162, n. 11, p. 795-807, 1997.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Comparison of means of agricultural experimentation data through different tests using the software Assistat. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 37, p. 3527-3531, 2016 (a).

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016 (b).

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 191-199, 2000.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 205-274.

SOUSA, D. M. J.; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1996. 30 p. (Circular Técnica, 33).

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M. **Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 15p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

USDA - United States Department of Agriculture. 2011. **Agricultural projections to 2020: interagency agricultural projections committee**. Washington. 106 p.

VERONESE, M.; FRANCISCO, E. A. B.; ZANCANARO, L.; ROSOLEM, C. A. Plantas de cobertura e calagem na implantação do sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 1158-1165, 2012.



VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1127-1138, 2011.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. de O. Integração lavoura-pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 933-962

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1929-1939, 2008.