

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**PRODUTIVIDADE DA SOJA E ATRIBUTOS QUIMICOS E
FISICOS DO SOLO EM PLANTIO DIRETO APÓS
CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO**

LUAN MARLON RIBEIRO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016**

PRODUTIVIDADE DA SOJA E ATRIBUTOS QUIMICOS E FISICOS DO SOLO EM PLANTIO DIRETO APÓS CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO

LUAN MARLON RIBEIRO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. GESSÍ CECCON

Dissertação 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 Mestre.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2016

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E CRESCIMENTO DE RAIZ DA
SOJA APÓS CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO**

por

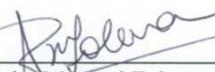
Luan Marlon Ribeiro

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em: 28/07/2016



Dr. Gessi Ceccon
Orientador - UFGD/FCA



Dr.^a Alessandra Mayumi Tokura Alovisi
UFGD/FCA



Dr. Rogério Guerino Franchini
AGRAER

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R484p Ribeiro, Luan Marlon

Produtividade da soja e atributos químicos e físicos do solo em Plantio Direto após cultivos de outono-inverno. / Luan Marlon Ribeiro -- Dourados: UFGD, 2016.

69f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Gessi Ceccon

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Zea mays.. 2. Glycine max. 3. Brachiaria spp.. 4. Rotação de culturas.. 5. Plantio Direto.. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

*A Deus, que me garantiu paciência e sabedoria
para escrever e concluir este trabalho,
a minha família maravilhosa
que me deu forças para esta empreitada, e ao
orientador Gessi Ceccon por seu valioso
conhecimento a mim contribuído,
DEDICO...*

*A cada produtor, técnico, professor,
pesquisador, estudante, e qualquer outra
pessoa que tenha neste trabalho fonte para
aumento de produtividade e conhecimentos,
OFEREÇO...*

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus, que me deu o dom da vida, e com ela capacidade de pensar e agir, e desta forma, produzir este documento.

Aos meus pais Rosimeire Alves da Silva Ribeiro e João da Silva Ribeiro, que desde o começo me deram forças e acreditaram na minha capacidade. São eles a fonte de minha inspiração.

A minha irmã Mariana Jayne Ribeiro, que esteve sempre comigo, obrigado pela paciência e carinho que teve por todos esses anos.

À Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, pelas contribuições durante minha formação, e na pessoa secretária do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Maria Lúcia Teles, pela sua disposição e gentileza em satisfazer as dúvidas dos pós-graduandos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa e a Embrapa Agropecuária Oeste pelo espaço e equipamentos fornecidos durante a condução do experimento.

Ao meu orientador e amigo Dr. Gessi Ceccon, pela sua orientação de forma excepcional e pela confiança a mim depositado por todo esse tempo. O meu sincero obrigado.

Ao Pesq. Dr. Rogério Guerino Franchini, da AGRAER do assentamento Itamarati (Ponta Porã/MS), que de alguma forma contribuiu com seu conhecimento valioso.

À Embrapa Agropecuária Oeste, na pessoa de Marno Miguel Schwingel, pela amizade e respeito tanto como estagiário quanto como por pessoa.

Aos meus amigos que me auxiliaram durante o desenvolvimento deste trabalho: Ana Luiza Farias dos Santos, Darlan Souza Flauzino, Ericksson Martins Leite, Jefferson William Nardi, Ivan Arcanjo Mechi, Priscila Akemi Makino e Ricardo Fachinelli.

E a todos que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	XI

CAPÍTULO 1. PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SUCESSÃO A CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO.

	PÁGINA
Resumo.....	13
Summary.....	14
1.Introdução.....	15
2.Material e métodos.....	18
2.1 Características edafoclimáticas do local.....	18
2.2 Histórico de cultivos e delineamento experimental.....	19
2.3 Instalação e coleta das amostras de soja	20
2.4 Análise estatística.....	21
3. Resultados e discussão.....	22
3.1 Crescimento da soja	22
3.2 Produtividade de grãos de soja	23
4. Conclusão.....	29
5. Referências bibliográficas.....	30

CAPÍTULO 2. ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E CRESCIMENTO DE RAÍZ DA SOJA APÓS CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO.

	PÁGINA
Resumo.....	35
Summary.....	36
1.Introdução.....	37
2.Material e métodos.....	39
2.1 Características edafoclimáticas do local.....	39
2.2 Delineamento experimental.....	40
2.2.1 Coleta e análise física do solo.....	40
2.2.2 Coleta e análise de química do solo.....	41
2.2.3 Coleta e análise de raiz de soja.....	41

2.3 Análise estaística.....	41
3. Resultados e discussão.....	42
3.1 Fertilidade do solo.....	43
3.1.1 pH, CTC, V%, M.O, em função do cultivo e profundidade.....	42
3.1.2 Macronutrientes em função do cultivo e profundidade.....	46
3.1.3 Micronutrientes em função do cultivo e profundidade.....	50
3.2 Física do solo.....	54
3.2.1 Atributos físicos do solo em função dos cultivos de outono-inverno.....	54
3.2.2 Atributos físicos do solo em função da profundidade.....	56
3.3 Raízes de soja.....	57
3.3.1 Raízes de soja em função dos cultivos de outono-inverno.....	57
3.3.2 Raízes de soja em função da profundidade.....	59
4. Conclusão.....	61
5. Referências bibliográficas.....	62
6. Apêndices.....	68

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1. PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SUCESSÃO A CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO.

	PÁGINA
TABELA 1. Histórico de cultivos de outono-inverno nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16 com as duas cultivares de soja BRS 284 e BRS 360 RR em sucessão durante a condução do experimento, em Dourados-MS, 2016.....	20
TABELA 2. Resumo da análise de variância de altura de plantas (AP), índice de área foliar (IAF), rendimento de massa seca de folhas (RMSF), rendimento de massa seca de haste (RMSH) e rendimento de massa seca total (RMST) em anos, cultivos e cultivares de soja, em Dourados-MS, 2016.....	22
TABELA 3. Médias de altura de Plantas (AP) de soja em sucessão a cultivos de outono-inverno, durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16, em Dourados-MS, 2016.....	23
TABELA 4. Resumo da análise de variância das variáveis para massa de cem grãos (M 100) e produtividade de grãos, em anos, cultivos e cultivares de soja em Dourados-MS, 2016.....	24
TABELA 5. Médias de massa de cem grãos (M 100) de soja em sucessão a cultivos de outono-inverno nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16, em Dourados-MS, 2016.....	25
TABELA 6. Médias de massa de cem grãos (M 100) das cultivares de soja, a BRS 284 e BRS 360 RR, em sucessão a cultivos de outono-inverno em Dourados-MS, 2016.....	26
TABELA 7. Médias das produtividades das cultivares de soja, a BRS 284 e BRS 360 RR, cultivadas nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16, em Dourados-MS, 2016.....	27
TABELA 8. Médias de produtividade de soja nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16 em sucessão a cultivos de outono-inverno em Dourados-MS, 2016.....	28

CAPÍTULO 2. ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E CRESCIMENTO DE RAÍZ DA SOJA APÓS CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO.

PÁGINA

TABELA 1.	Caracterização granulométrica do solo da área experimental, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, 2016.....	39
TABELA 2.	Resumo da análise de variância de acidez do solo (pH CaCl ₂), capacidade de troca de cátions - CTC (cmol _c dm ⁻³), saturação por bases (V%) e matéria orgânica do solo (M.O) sobre cultivo e profundidade, em Dourados-MS, 2016.....	42
TABELA 3.	Resumo da análise de variância para potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em solo após cultivos de outono-inverno e camada do solo, em Dourados-MS, 2016.....	46
TABELA 4.	Resumo da análise de variância para cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em camadas de solo cultivados com soja após cultivos de outono-inverno e do solo, em Dourados-MS, 2016.....	50
TABELA 5.	Resumo da análise de variância para macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS), em camadas do solo, após cultivos de outono-inverno, em Dourados-MS, 2016.....	54
TABELA 6.	Macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS), durante o cultivo (R1) da soja em Dourados-MS, 2016.....	56
TABELA 7.	Microporosidade (Mi), porosidade total (PT) e densidade de solo (DS), nas camadas do solo, em Dourados-MS, 2016.....	57
TABELA 8.	Resumo da análise de variância para comprimento de raiz (CR), área superficial de raiz (AR), diâmetro médio de raiz (DR), número de bifurcações (NB) e massa seca de raiz (MSR), de soja após cultivos de outono-inverno, cultivar e camada de solo, em Dourados-MS, 2016.....	57
TABELA 9.	Comprimento de raiz (CR), área superficial de raiz (AR), número de bifurcações (NB) e massa seca de raiz (MSR), de soja após cultivos de outono-inverno, em Dourados-MS, 2016.....	58

TABELA 10. Comprimento de raiz (CR), área superficial de raiz (AR), diâmetro médio de raiz (DR), número de bifurcações (NB) e massa seca de raiz (MSR) de soja nas camadas do solo após cultivos de outono-inverno, em Dourados-MS, 2016.....	60
---	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SUCESSÃO A CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO.

PÁGINA

FIGURA 1. Valores decendiais de precipitação, temperaturas máximas e mínimas registradas, durante o cultivo da soja verão 2014/15 e 2015/16, em Dourados, MS.....	19
---	----

CAPÍTULO 2. ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E CRESCIMENTO DE RAÍZ DA SOJA APÓS CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO.

PÁGINA

FIGURA 1. Valores decendiais de precipitação, temperaturas máximas e mínimas registradas, durante o cultivo da soja-verão 2014/15, em Dourados, MS.....	40
FIGURA 2. Acidez do solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.....	42
FIGURA 3. Capacidade de troca de cátions do solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.....	43
FIGURA 4. Saturação por bases do solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.....	44
FIGURA 5. Matéria orgânica do solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.....	45
FIGURA 6. Potássio no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.....	47
FIGURA 7. Fósforo no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.....	48
FIGURA 8. Cálcio no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.....	49
FIGURA 9. Magnésio no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.....	50
FIGURA 10. Cobre no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.....	51

- FIGURA 11. Ferro no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016..... 52
- FIGURA 12. Manganês no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016..... 52
- FIGURA 13. Zinco no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016..... 53

CAPÍTULO I - PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SUCESSÃO A CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO.

RESUMO

A sucessão soja-milho safrinha predominam na produção de grãos na região Centro-oeste, e a produtividade das culturas está relacionada com os níveis de cobertura do solo. Objetivou-se avaliar a produtividade das cultivares de soja BRS 284 e BRS 360 RR em sucessão a cultivos de outono-inverno. O trabalho foi realizado na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, em 2014/15 e 2015/16. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas principais foram os anos, as subparcelas os quatro cultivos de outono-inverno constituídos pela *Brachiaria ruziziensis*, consórcio de milho com *B. ruziziensis*, milho safrinha e feijão-caupi, e as subsubparcelas foram constituídas pelas duas cultivares de soja a BRS 284 e BRS 360 RR. Na floração da soja avaliou-se altura de plantas, massa seca de folhas e de hastes. Na colheita avaliou-se a massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Em 2015/16 a soja apresentou maior massa de 100 grãos, maior altura de plantas e maior rendimento de grãos em relação à safra 2014/15, quando houve restrição hídrica. A cultivar BRS 360 RR apresentou maior rendimento de grãos (3.218 kg ha⁻¹) em relação a cultivar BRS 284. A maior produtividade de grãos da soja em 2014/15 (1.882 e 1.880 kg ha⁻¹) foi em sucessão ao milho safrinha e *B. ruziziensis*, enquanto que 2015/16 não houve diferença significativa dos cultivos. Em anos com deficiência hídrica, o benefício das culturas de outono-inverno sobre a produtividade da soja é mais relevante.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Glycine max*, *Brachiaria* spp., rotação de culturas, plantio direto, consórcio.

CHAPTER I - SOY PRODUCTIVITY IN SUCCESSION AUTUMN-WINTER CROPS.

SUMMARY

The succession off-season maize-soybean predominate in grain production in the Midwest region, and crop productivity is related to the soil cover levels. This study aimed to evaluate the productivity of soybean cultivars BRS 284 and BRS 360 RR in succession to autumn-winter crops. The study was conducted in the experimental area of Embrapa Agropecuaria Oeste, in Dourados, MS, in 2014/15 and 2015/16. The experimental design was a randomized block with split plot design with four replications. The main plots were the years, the subplots the four autumn-winter crops constituted by *Brachiaria ruziziensis*, corn intercropping with *B. ruziziensis*, winter maize and cowpea, and subsubplots were constituted by two soybean cultivars BRS 284 and BRS 360 RR. At flowering plant height of soybeans was evaluated, dry weight of leaves and stems. At harvest evaluated the weight of 100 grains and grain yield. Data were submitted to analysis of variance and the means compared by Tukey test at 5% probability. In 2015/16 soybean showed higher weight of 100 grains, higher plant height and higher grain yield in relation to the harvest 2014/15, when there was water restriction. The BRS 360 RR showed higher grain yield (3218 kg ha⁻¹) in relation to BRS 284. The higher productivity of soybeans in 2014/15 (1,882 and 1,880 kg ha⁻¹) was in succession to winter maize and *B. ruziziensis*, while 2015/16 there was no significant difference of crops. In years with drought stress, the benefit of the autumn-winter crops on soybean yield is more relevant.

Keywords: *Zea mays*, *Glycine max*, *Brachiaria* spp., Crop rotation, tillage, intercrop.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, depois dos EUA. Durante a safra 2014/2015, a área cultivada com soja foi de 33,614 milhões de hectares, com produção média de 108,014 milhões de toneladas, porém nesse mesmo período a região Centro-Oeste passou por um estresse hídrico em novembro de 2014, causando impacto na produtividade das lavouras, principalmente em Mato Grosso do Sul, com média de 3.008 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015).

A baixa produtividade da soja na região Centro Oeste, também pode estar relacionada com os baixos níveis de cobertura do solo, principalmente no estado do Mato Grosso do Sul. Ribeiro et al., (2015) verificaram que a cobertura do solo é um dos fatores ligados ao aumento de produtividade, e as maiores produtividades estão em lavouras com maiores coberturas do solo.

Anselmo et al. (2014), avaliando características agrônômicas de variedades de soja em Chapadão do Sul - MS, observaram que cultivares modernas como NS7490 e M7110IPRO apresentaram produtividades próximas a 5.000 kg ha⁻¹, em área não irrigada, demonstrando que a produtividade média em MS pode ser aumentada.

A sucessão soja-milho safrinha, pode provocar a degradação do solo, e proporcionar condições favoráveis para a incidência de doenças, insetos-pragas e plantas daninhas, sendo necessário introduzir outras culturas (TECNOLOGIAS, 2013).

Considerando que a soja é uma cultura de grande importância para o agronegócio brasileiro, preconiza-se o seu cultivo em plantio direto, pois a mesma apresenta boa adaptação a esta tecnologia (KLUTHCOUSKI et al., 2000; RICCE et al., 2011).

Torres et al. (2004) afirmam que a sucessão soja-milho safrinha pode criar um ambiente redutor relacionado com a morte de plântulas e menor estande da cultura de soja.

Desta forma, a alternância de culturas, viabiliza o sistema plantio direto e potencializa seus efeitos benéficos sobre a produção agropecuária (TECNOLOGIAS, 2013), visando a manutenção da umidade, melhoria na estrutura física e química, maior acúmulo de matéria orgânica no solo e maior produtividade das culturas cultivadas nesse sistema (CHIODEROLI et al., 2010).

Nas regiões tropicais um grande desafio para a manutenção do plantio direto são as altas taxas de decomposição do material vegetal, o que demanda por grandes quantidades de palha (CHIODEROLI et al., 2012), devendo-se considerar a utilização de

gramíneas e leguminosas, anuais ou semiperenes para essa finalidade (ASSIS et al., 2003; CARNEIRO et al., 2008).

Desta forma algumas culturas que podem englobar o sistema, diversificando a quantidade de cobertura, como o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), que por ser uma espécie que possibilita boa cobertura de solo, e melhorias na fertilidade do mesmo em função da sua rusticidade, ciclo curto, podendo também ser usado como adubo verde (FREIRE FILHO et al., 2005), e pode ser importante espécie para cultivo no outono-inverno em Mato Grosso do Sul (CECCON et al., 2009).

A *Brachiaria ruziziensis* em cultivo solteiro ou consorciado com milho, podendo proporcionar maior estabilidade produtiva das culturas em sucessão, pela ciclagem de nutrientes e conservação do solo (COSTA et al., 2012) e quanto mais tardia for realizada a dessecação da forrageira, maior será a quantidade de palha sobre o solo, proporcionando melhores condições para cultivo da soja em sucessão (CECCON et al., 2013).

Sistemas de cultivo com alta produção de palha no outono-inverno antecedendo a soja no verão podem contribuir com quantidades adequadas de palha na superfície do solo, com acréscimo anual de 6 a 10 t ha⁻¹ de palha seca (SILVA et al., 2009).

O cultivo de soja em sucessão aos cultivos de outono-inverno (feijão-caupi, milho safrinha, *B. ruziziensis* e consórcio de milho com *B. ruziziensis*) proporciona aumento também do carbono na fração livre da matéria orgânica do solo, principalmente na camada de 10 a 20 cm, reforçando a contribuição na redistribuição da matéria orgânica do solo em subsuperfície (LOOS et al., 2012).

O sistema de integração-lavoura-pecuária, pode reduzir os custos de produção no melhor controle de plantas daninhas, e produção de altas quantidades de palha, isso associado à pecuária, pode-se produzir até três safras por ano, com a produção de grãos e carne (BALBINO et al., 2012).

A manutenção do aporte de palha resulta na dissipação de energia da compactação resultando em menor densidade do solo e menor compactação sobre solos com maior e melhor cobertura (SILVA et al., 2011).

Alves et al. (2013) afirmam que com a produção de cinco toneladas de palha é possível diminuir a densidade da camada superficial, contribuindo para a infiltração de água e aeração, favorecendo o desenvolvimento radicular da cultura em sucessão, no caso a soja, assim o uso de espécies de coberturas capazes de acumular massa na superfície e romper camadas compactadas tem papel importante (SALTON, 1999).

A utilização de plantas com sistemas radiculares capazes de explorar diferentes profundidades do solo, com potencial diferenciado de ciclagem, proporciona melhor equilíbrio dos nutrientes e na atividade biológica do solo, favorecendo o estabelecimento da cultura em sucessão (REIS et al., 2007).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produtividade da soja em sucessão a cultivos de outono-inverno em plantio direto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características edafoclimáticas do local

O trabalho foi realizado na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, nas coordenadas 22°13' S e 54°48' W a 408 m de altitude, em área sob plantio direto a 15 anos. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013). A análise do solo foi realizada em 2013, na camada 0 - 0,20 m, apresentando os seguintes resultados: pH (CaCl₂ 0,01 ml⁻¹) = 6,2; V% = 79,3 %; MO (g kg⁻¹) = 37,9; P (mg dm⁻³) = 57,3; K (cmol_c dm⁻³) = 1,0; Ca (cmol_c dm⁻³) = 6,5; Mg (cmol_c dm⁻³) = 2,8 e Al (cmol_c dm⁻³) = 2,7.

O clima de Dourados, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am (Tropical Monçônico), com verões quentes e invernos secos, temperaturas máximas observadas nos meses de dezembro e janeiro e temperaturas mínimas entre maio e agosto, coincidindo com chuvas excedentes na primavera - verão e déficit hídrico no outono – inverno (FIETZ et al., 2013).

Os dados de precipitação e temperaturas durante a condução do experimento nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16, foram obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste a 300 m da área experimental (Figura 1). O total da precipitação no período experimental em 2014/15 foi de 517 mm, e no ano seguinte 2015/16 foi de 1.317 mm.

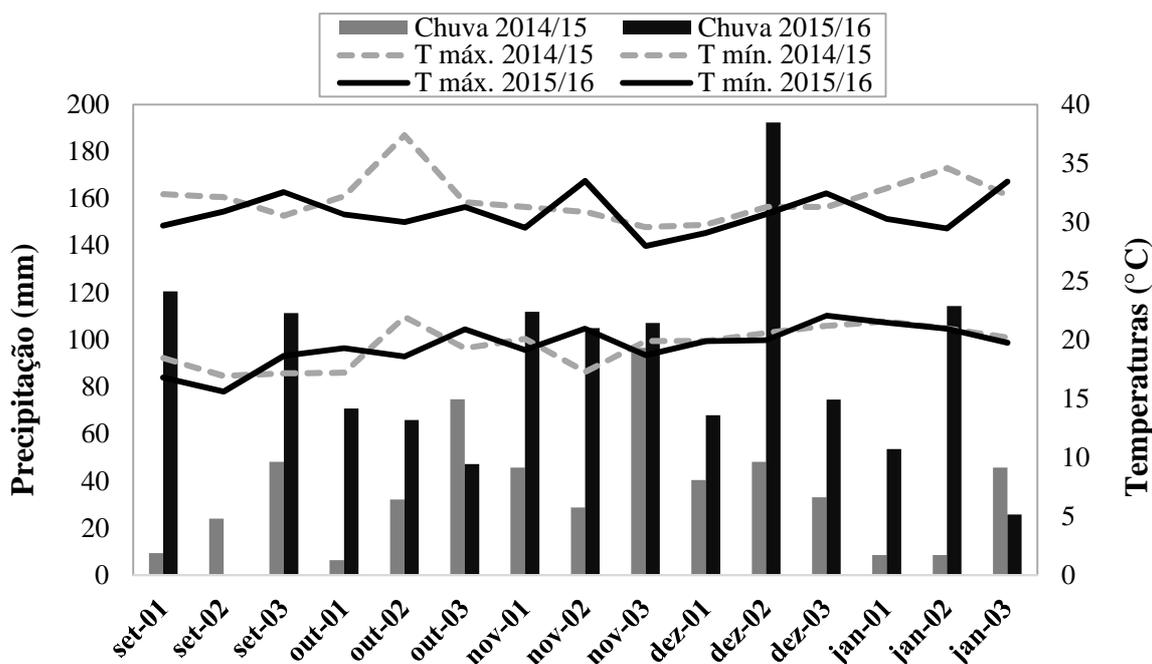


FIGURA 1. Valores decendiais de precipitação, temperaturas máximas e mínimas registradas, durante o cultivo da soja-verão 2014/15 e 2015/16, em Dourados, MS.

Fonte: Embrapa, (2016).

2.2 Delineamento experimental e histórico de cultivos

O experimento foi realizado nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16, com a soja BRS 284 e BRS 360 RR no verão, em sucessão a cultivos de outono-inverno: feijão-caupi (var. guariba), *B. ruziziensis*, milho safrinha e consórcio de milho com *B. ruziziensis* (Tabela 1).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas em quatro repetições. As parcelas principais foram os anos agrícolas (2014/15 e 2015/16), as subparcelas os quatro cultivos de outono-inverno constituídos pelo feijão-caupi (var. guariba), *B. ruziziensis*, milho safrinha e consórcio de milho com *B. ruziziensis* e as subsubparcelas foram constituídas pelas duas cultivares de soja (BRS 284 e BRS 360 RR), em parcelas de sete linhas de seis m de comprimento com 0,45 m de espaçamento entre linhas.

A cultivar BRS 284 é convencional, ciclo precoce, crescimento indeterminado, possui grupo de maturação 6.3, moderadamente resistente ao nematoide de galha *Meloidogyne javanica*. A BRS 360 RR, é transgênica (tolerância ao herbicida glifosato).

Intacta RR2 PRO TM), ciclo precoce, crescimento indeterminado, possui grupo de maturação 6.2 (EMBRAPA, 2013).

Na *B. ruziziensis* houve pastejo por animais a partir de abril e no consórcio milho com *B. ruziziensis* após a colheita do milho, em julho.

Em 05/10/2014 foram coletadas amostras de milho safrinha, braquiária e plantas daninhas presentes na superfície do solo, em quatro amostras de um metro quadrado, a fim de caracterizar os resíduos vegetais dos tratamentos.

Os resíduos foram separados em plantas daninhas e resíduos dos cultivos, secados em estufa a 60°C até peso constante e depois convertendo os dados em kg ha⁻¹. A quantidade total de resíduos na *B. ruziziensis* foi de 2.052 kg ha⁻¹, no milho safrinha foi de 6.697 kg ha⁻¹ (4.745 de milho + 1.952 de plantas daninhas), no consórcio milho com *B. ruziziensis* foi de 5.383 kg ha⁻¹, (2.921 de milho + 2.462 de braquiária) e no feijão-caupi praticamente não haviam resíduos, visto que após a colheita do feijão-caupi foi realizada a dessecação das parcelas para eliminação das plantas daninhas.

TABELA 1. Histórico de cultivos de outono-inverno nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16 com as duas cultivares de soja BRS 284 e BRS 360 RR em sucessão durante a condução do experimento, em Dourados-MS, 2016.

HISTÓRICO DE CULTIVOS DURANTE A CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO					
Outono-Inverno	Verão	Avaliação	Outono-inverno	Verão	Avaliação
2014	2014/15	2015	2015	2015/16	2016
Feijão-caupi	Soja BRS 284 Soja BRS 360 RR	Soja	Feijão-caupi	Soja BRS 284 Soja BRS 360 RR	Soja
Milho safrinha	Soja BRS 284 Soja BRS 360 RR	Soja	Milho safrinha	Soja BRS 284 Soja BRS 360 RR	Soja
<i>B. ruziziensis</i>	Soja BRS 284 Soja BRS 360 RR	Soja	<i>B. ruziziensis</i>	Soja BRS 284 Soja BRS 360 RR	Soja
Consórcio milho+ <i>B.ruziziensis</i>	Soja BRS 284 Soja BRS 360 RR	Soja	Consórcio milho+ <i>B.ruziziensis</i>	Soja BRS 284 Soja BRS 360 RR	Soja

2.3 Instalação e coleta das amostras de soja

A dessecação da área foi realizada aos 15 dias antes da semeadura da soja, utilizando herbicida glyphosate na dose 1,08 kg e. a. ha⁻¹, para supressão de plantas daninhas e braquiária dos cultivos de outono-inverno.

A semeadura foi realizada em 09/10/2014, e 08/10/2015, utilizando semeadora modelo PAR 2800 regulada para distribuição de 300 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 00-20-20, na profundidade de 10 cm, com população de 244.444 plantas ha⁻¹.

As sementes de soja foram tratadas com fipronil e tiofanato-metílico, ambos na dose de 1 g i. a. por kg semente e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (100 ml para 50 kg de sementes), e semeadas a 5 cm de profundidade.

Para o controle de insetos-pragas foi realizado uma aplicação de flubendiamida (120 ml i. a. ha⁻¹) e para o controle de doenças foi realizada uma aplicação de trifloxistrobina e prothioconazol (400 ml i. a. ha⁻¹) em 11/11/2014 e 08/11/2015 respectivamente.

As avaliações morfológicas das plantas de soja foram realizadas quando a cultura apresentava pleno florescimento (estágio R1) em 18/11/2014 e 16/12/2015.

Foram coletadas manualmente 5 plantas de cada parcela para a determinação de altura de plantas (AP), área foliar por planta (AFP), massa seca de folhas, de haste e massa seca total (folhas + haste).

A área foliar foi medida no aparelho marca LI-COR®, modelo LI 3100, determinando a área foliar em cm². O índice de área foliar (IAF) foi calculado pela relação entre a área foliar da planta e a área de solo ocupada.

A massa da matéria seca foi obtida pela secagem em estufa com ar forçado à 60°C por até 72 horas de cada órgão da planta, e os rendimentos de massa seca de folha (RMSF), rendimento de massa seca de haste (RMSH) e rendimento de massa seca total (RMST), foram estimados por kg ha⁻¹ com base na população final de plantas de soja.

A maturação fisiológica da soja ocorreu em 26/01/2015 e 01/02/2016, quando realizou-se a coleta das plantas em 2 linhas de 3 m de comprimento, espaçadas por 0,45 m, utilizando-se a colheitadeira de parcela (wintersteiger). Para a determinação dos componentes de produtividade (número de plantas, número de grãos por planta e massa de grãos), para o cálculo, com correção da umidade para 13%.

2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento da soja

A análise de variância indicou efeito isolado de anos para altura de plantas, índice de área foliar, rendimento de massa seca de folha, rendimento de massa seca de haste e rendimento de massa seca total. Houve efeito isolado de cultivos e cultivares somente para altura de plantas (Tabela 2).

Verificou-se interação entre anos x cultivos, cultivos x cultivares e interação tripla entre anos x cultivos x cultivares somente para altura de plantas. Não houve efeito de interação entre anos x cultivares para as demais variáveis.

TABELA 2. Resumo da análise de variância de altura de plantas (AP), índice de área foliar (IAF), rendimento de massa seca de folhas (RMSF), rendimento de massa seca de haste (RMSH) e rendimento de massa seca total (RMST) em anos, cultivos e cultivares de soja, em Dourados-MS, 2016.

.....Quadrado médio						
Fator de variação	GL	AP	IAF	RMSF	RMSH	RMST
Anos	1	58594,253*	159,106*	23501613,263*	108111879,353*	232426261,208*
Cultivos	3	89,768*	0,451 ^{ns}	78392,973 ^{ns}	508829,466 ^{ns}	957922,947 ^{ns}
Cultivares	1	83,037*	0,000 ^{ns}	1779,679 ^{ns}	322452,202 ^{ns}	372133,550 ^{ns}
Anos x cultivos	3	110,381*	1,442 ^{ns}	208821,669 ^{ns}	547526,301 ^{ns}	1247968,097 ^{ns}
Anos x cultivares	1	26,137 ^{ns}	2,019 ^{ns}	20827,901 ^{ns}	175164,221 ^{ns}	75187,011 ^{ns}
Cultivos x cultivares	3	58,995*	0,678 ^{ns}	81837,844 ^{ns}	422974,633 ^{ns}	873542,282 ^{ns}
Anos x cultivos x cultivares		88,911*	1,347 ^{ns}	118061,682 ^{ns}	458780,833 ^{ns}	1031275,808 ^{ns}
Média		63,30	3,59	1153,85	1.777,50	2931,36
C.V.%		6,21	26,32	25,25	29,11	27,23

GL = graus de liberdade, *significativo e ^{ns} não significativo (p>0,05).

A soja em 2014/15, apresentou menor AP em relação a cultura em 2015/16 (Tabela 3). Bárbaro et al. (2006), acreditam que a AP está mais ligada com a densidade populacional do que os recursos ambientais disponíveis. No entanto, AP da soja neste experimento pode estar mais relacionados com índices de chuvas do que densidades populacionais, corroborando com Argenta et al. (2001).

Durante o primeiro decêndio de setembro ao terceiro decêndio de janeiro os índices de chuvas foram maiores em 2015/16, apresentando um acúmulo de 1.317 mm durante todo o ciclo da cultura, ao contrário em 2014/15 quando a soja passou por estresse hídrico durante todo o ciclo, apresentando um acúmulo menor de água de 517 mm. Para

Gava et al. (2015), quando a cultura recebe um estresse em alguma fase importante de seu desenvolvimento, ela pode apresentar redução de AP, diminuição de biomassa e até abortamento de flores e vagens.

A soja possui exigências hídricas que aumentam progressivamente do início da emergência à formação das vagens, mantendo-se altas até a maturação fisiológica (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005), exigindo entre 450 a 850 mm de capacidade real de água disponível, para a produção considerável de biomassa e grãos (CARVALHO et al., 2013).

No entanto desde a semeadura em 09/10/2014 e 08/11/2015 até maturação fisiológica em 26/01/2015 e 01/02/2016, a cultura da soja em 2014/15 não atingiu esse acúmulo real necessário, ficando em torno de 429,6 mm de água disponível e somente a soja em 2015/16 recebeu um volume de água até maior que o recomendado, em torno de 1.028 mm, o que pode explicar em partes a menor AP em 2014/15.

Com relação aos cultivos de outo-inverno, tanto para o primeiro quanto para o segundo ano agrícola, não houve diferença significativa para AP, que variou de 27,4 a 37,0 cm em 2014/15 e 91,2 a 95,5 cm em 2015/16 (Tabela 3).

TABELA 3. Médias de altura de Plantas (AP) de soja em sucessão a cultivos de outono-inverno, durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16, em Dourados-MS, 2016.

Anos	Altura de Plantas (cm)											
	Feijão-caupi			Milho safrinha			B. <i>ruziziensis</i>			Consórcio milho-B. <i>ruziziensis</i>		
2014/15	36,7	b	A	37,0	b	A	30,9	b	A	27,4	b	A
2015/16	91,2	a	A	95,5	a	A	93,2	a	A	94,2	a	A
Média	63,3											
C.V.%	6,21											

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, em cada variável, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.2 Produtividade de grãos de soja

A análise de variância indicou efeito isolado de Anos e de cultivares para massa de cem grãos e produtividade de grãos. Houve efeito isolado de Manejos somente para produtividade de grãos.

Verificou-se interação significativa entre Anos x Cultivos para produtividade de grãos, e interação tripla entre Anos x Cultivos x Cultivares para massa de cem grãos (Tabela 4).

TABELA 4. Resumo da análise de variância das variáveis para massa de cem grãos (M 100) e produtividade de grãos, em anos, cultivos e cultivares de soja em Dourados-MS, 2016.

Fator de variação	GLQuadrado médio.....	
		M 100	Produtividade
Anos	1	668,545*	96448063,536*
Cultivos	3	3,889*	165994,813 ^{ns}
Cultivares	1	15,161*	5023571,375*
Anos x Cultivos	3	5,628*	613106,966*
Anos x Cultivares	1	53,198*	6426,828 ^{ns}
Cultivos x Cultivares	3	5,586*	230318,077 ^{ns}
Anos x Cultivos x Cultivares	3	8,130*	217427,005 ^{ns}
Média		10,93	2938,08
C.V.%		9,17	11,74

GL = graus de liberdade, *Significativo e ^{ns} não significativo (p>0,05).

A massa de 100 grãos foi maior em 2015/16 com 13,0 a 14,8 g em relação ao ano agrícola 2014/15 entre 6,9 a 8,4 g (Tabela 5), influenciados pelos menores índices de chuvas desse ano, possivelmente houve a perda do turgor celular da soja que é o primeiro efeito do estresse hídrico, provocando redução no crescimento dos órgãos da planta como folhas, hastes e vagens e consequentemente redução na M 100 em 2014/15.

Para Taiz e Zeiger (2006) além da perda de turgor das células, o estresse por falta de água faz com que as raízes enviem sinais químicos promovendo o aumento da concentração de ácido abscísico nas folhas, podendo causar queda precoce e diminuição na área foliar da planta. Desta forma a falta de água em níveis adequados afetou o crescimento e componentes produtivos da soja como a M 100.

No entanto, em 2014/15, não foi verificado abortamento de folhas e vagens durante o estágio reprodutivo da soja. Para Gava et al. (2015) a soja é uma cultura que apresenta baixa porcentagem de abortamento de órgãos como folhas e vagens, mas o enchimento de grãos é muito influenciado pelo estresse hídrico.

Com relação aos cultivos de outono-inverno, em 2014/15 a soja apresentou maior M 100, quando em sucessão ao milho safrinha (Tabela 5).

O milho safrinha é uma espécie importante para a proteção do solo, pela durabilidade de sua palha, e quando usado em SPD pode ser considerado um sistema conservacionista, podendo até favorecer a produtividade da soja pelo acúmulo de nutrientes (BROCH; CECCON, 2008). Pavão e Ferreira Filho (2011), explicam que o milho safrinha oferece esses benefícios, além da grande importância econômica que representa, mas enfatizam que quando usado em SPD.

Em 2015/16 a soja apresentou maior M 100 quando em sucessão ao milho safrinha e *B. ruziziensis*. O milho safrinha pode ser benéfico para o sistema de plantio direto, enquanto que a *B. ruziziensis* cultivada solteira, é uma opção para formação de palha em plantio direto, devido a boa produção de massa e baixa relação C/N, o que pode estar relacionado a maior disponibilidade de nutrientes (NUNES et al., 2006).

TABELA 5. Médias de massa de cem grãos (M 100) de soja em sucessão a cultivos de outono-inverno nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16, em Dourados-MS, 2016.

Anos	Massa de cem grãos (g)											
	Feijão-caupi			Milho safrinha		<i>B. ruziziensis</i>			Consórcio milho- <i>B. ruziziensis</i>			
2014/15	8,2	b	AB	8,4	b	A	7,1	b	AB	6,9	b	B
2015/16	13,0	a	B	14,8	a	A	14,6	a	A	14,0	a	AB
Média	10,9											
C.V.%	9,17											

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, em cada variável, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Entre as cultivares de soja, a BRS 360 RR apresentou maior massa de cem grãos que a BRS 284 após *B. ruziziensis* e consórcio de milho com *B. ruziziensis*, mas foram estatisticamente semelhantes quando em sucessão a feijão-caupi e milho safrinha (Tabela 6), essa diferença na M 100 pode ser algo inerente entre as cultivares, pois em virtude de pertencerem a grupos de maturação distintos (BRS 284 - 6.3; BRS 360 RR - 6.2), que para uma mesma região, quanto menor o grupo de maturação, maior sensibilidade ao fotoperíodo quando se desloca seu cultivo em direção ao sul do estado, o que explica por partes a maior M 100 da BRS 360 RR visto que o grupo de maturação é de 6.2, corroborando com Alves et al. (2013).

Com relação aos cultivos de outono inverno, a cultivar BRS 284 apresentou maior massa de cem grãos quando em sucessão ao milho safrinha, mas estatisticamente não diferiu-se do feijão-caupi (Tabela 6). Para Calonego et al. (2012), a cobertura com milho

safrinha, apesar da presença de lignina em seus colmos, pode armazenar água e acumular nutrientes na superfície, por causa das folhas favorecendo os componentes produtivos da soja em sucessão.

O feijão-caupi possui rápida mineralização e consequente disponibilidade de nutrientes, aliado também como espécie fixadora de nitrogênio atmosférico ao solo podendo favorecer o aumento de matéria seca da cultura, por acrescentar grandes quantidades de N ao solo (FREIRE FILHO et al., 2005). E com essa rápida mineralização, muitos organismos atuam na reciclagem de nutrientes, melhorando os atributos químicos principalmente nos incrementos de M.O na camada superficial do solo (SOUZA et al., 1999).

A massa de cem grãos da cultivar BRS 360 RR não diferiu entre os tratamentos (Tabela 6). A distribuição normal de chuvas em 2015/16, pode ter proporcionando a semelhança na massa de grãos da soja após os cultivos de outono-inverno. Deste modo, as coberturas vegetais desses cultivos podem ter evitado a perda de água e ocasionado menores variações de temperatura do solo.

TABELA 6. Médias de massa de cem grãos (M 100) das cultivares de soja, a BRS 284 e BRS 360 RR, em sucessão a cultivos de outono-inverno em Dourados-MS, 2016.

Cultivares	Massa de cem grãos (g)									
	Feijão-caupi		Milho safrinha		<i>B. ruziziensis</i>		Consórcio milho- <i>B. ruziziensis</i>			
BRS 284	10,4	a AB	11,7	a A	9,6	b B	9,9	b B		
BRS 360	10,8	a A	11,5	a A	12,1	a A	11,1	a A		
Média	10,9									
C.V.%	9,17									

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, em cada variável, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a produtividade verificou-se diferença significativa para as duas cultivares avaliadas, a cultivar BRS 284 que apresentou menor produtividade com 2.657 kg ha⁻¹, em relação a BRS 360 RR com 3.218 kg ha⁻¹ (Tabela 7).

As médias de produtividade das cultivares de soja mostram que a BRS 360 RR apresentou melhor resultado, por apresentar uma maior adaptabilidade as condições edafoclimáticas da região de Dourados (MS), como por exemplo a maior sensibilidade ao fotoperíodo local. Para Kantolic (2008) a duração das fases e do ciclo de desenvolvimento

da soja variam entre genótipos, mas é regulada pela sensibilidade ao fotoperíodo da região.

Devido a sua sensibilidade ao fotoperíodo ser maior na região mais ao sul do estado, como a região de Dourados (MS), possibilitou a cultivar BRS 360 RR ser exposta a uma quantidade de horas luz mais adequada ao seu grau de maturidade relativa, principalmente no início do ciclo de desenvolvimento, o que explica em partes a maior produtividade, ao contrário da cultivar BRS 284 que receberia uma quantidade mais adequada de horas luz ao norte do estado.

TABELA 7. Médias das produtividades das cultivares de soja, a BRS 284 e BRS 360 RR, cultivadas nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16, em Dourados-MS, 2016.

Cultivares	Produtividade (kg ha⁻¹)	
BRS 284	2.657	b
BRS 360	3.218	a
Média	2.938	
C.V.%	11,74	

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

Para produtividade verificou-se diferença significativa entre os anos agrícolas, onde com produtividade superior em 2015/16 (Tabela 8), atribuído as melhores condições de precipitação em 2015, e principalmente pela falta de chuva em 2014 durante todo o ciclo da soja resultando em menor produtividade em 2014/15 (Figura 1).

Cultivares de soja hoje disponíveis no mercado, exigem relativamente maior quantidade de água durante todo o ciclo, principalmente no estágio reprodutivo, devido ao seu maior potencial genético de produtividade (FERRARI et al., 2015). E com o estresse hídrico a cultura diminui seu potencial osmótico dentro da célula, resultando em uma desidratação celular, que conseqüentemente afeta o desenvolvimento de órgãos da planta como folhas, hastes e até enchimento de grãos (MORANDO et al., 2014), o que explica em partes a menor produtividade em 2014/15.

Com relação aos cultivos de outono-inverno, em 2014/15 verificou-se maior produtividade quando em sucessão ao milho safrinha e a *B. ruziziensis*, com 1.882 e 1.880 kg ha⁻¹, respectivamente. Porém não diferiu-se estatisticamente do feijão-caupi com produção em torno de 1.724 kg ha⁻¹ (Tabela 8). Somente a soja em sucessão ao consórcio milho com *B. ruziziensis* apresentou menor rendimento em kg ha⁻¹.

A explicação para a maior produtividade da soja em sucessão ao milho safrinha e *B. ruziziensis*, esteja por essas duas espécies ter a capacidade de reciclar consideráveis quantidades de nutrientes e libera-los de forma a suprir as necessidades nutricionais, como o fósforo, cálcio e magnésio, principalmente quando usados em SPD (SALTON et al., 2008; CRUZ et al., 2015).

A menor produtividade da soja em sucessão ao consórcio milho com *B. ruziziensis* em 2014/15 pode estar relacionado com a capacidade dos resíduos vegetais em manter a umidade na superfície do solo que este cultivo possui. Visto que nos estádios vegetativos da soja em 2014/15, houve constante, mas baixos índices de chuvas e, dessa forma a maior cobertura do consórcio milho com *B. ruziziensis*, conseguiria manter a umidade por maior tempo, mas apenas na superfície do solo, perdendo-a em seguida para a atmosfera sem ser incorporada ao solo. Ao contrário das outras coberturas, onde a evaporação da umidade da superfície do solo ocorreria mais rápido, estimulando o crescimento das raízes em profundidade (BASSOL, 1998). Desta forma a soja com as raízes mais profundas no subsolo toleraram por maior tempo o período de veranico que ocorreu principalmente em 2014 durante todo o ciclo da cultura.

Torres e Pereira (2014), avaliando diferentes coberturas antecedendo a cultura do milho e soja observaram que espécies com sistemas radiculares pivotantes, quando em período seco penetram em maior profundidade seguindo a umidade no solo, aumentando o volume de exploração, e assim amenizam os problemas decorrentes do estresse hídrico.

Em 2015/16, não houve diferença significativa, independentemente do tipo de cultivo de outono-inverno, com variações entre 4.001 a 4.373 kg ha⁻¹ de produtividade da soja.

TABELA 8. Médias de produtividade de soja nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16 em sucessão a cultivos de outono-inverno em Dourados-MS, 2016.

Anos	Produtividade (kg ha ⁻¹)											
	Feijão-caupi			Milho safrinha			<i>B. ruziziensis</i>			Consórcio milho- <i>B. ruziziensis</i>		
2014/15	1.724	b	AB	1.882	b	A	1.880	b	A	1.354	b	B
2015/16	4.001	a	A	4.009	a	A	4.277	a	A	4.373	a	A
Média	2.938											
C.V.%	11,74											

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, em cada variável, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÃO

Os tipos de cobertura, interferiram na massa de grãos e na produtividade da soja.

A cultivar BRS 360 RR apresentou maior produtividade por demonstrar maior adaptabilidade as condições edafoclimáticas, como sensibilidade ao fotoperíodo na região de Dourados (MS).

Em condições de veranico pronuncia-se o efeito dos cultivos anteriores como milho safrinha e *B. ruziziensis*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, V. B. **Milho safrinha consorciado com populações de braquiária e produtividade da soja em sucessão**, Aquidauana: UEMS, 2013. 27 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Unidade Universitária de Aquidauana, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2013.

ALVES, V. B.; PADILHA, N. S.; GARCIA, R. A.; CECCON, G. Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 280-292, 2013.

ANSELMO, J. L.; PIATI, G. L.; SANTOS, O. F.; LEONEL, T. Z.; ANDRADE, B. G. M. Características agronômicas de variedades de soja cultivadas em duas épocas de semeadura em Chapadão do Sul/MS. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 34., 2014, Londrina. **Anais...** Londrina, EMBRAPA, 2014. P. 1-4.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOL, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.

ASSIS, E. P. M.; CORDEIRO, M. A. S.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 2, p. 107-112, 2003.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R.; VILELA, L., 2012. **Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. Reino Unido: IPNI-International Plant Nutrition Institute, 2012. 18p. (IPNI-International Plant Nutrition Institute. Informações agronômicas/versão em português, 138).

BÁRBARO, I.M.; TICELLI, M.; SILVA, G.P.; ARAÚJO, S.C.; MIGUEL, F.B.; SILVA, J.A.A.; BÁRBARO JUNIOR, L.S. Avaliação de soja (*Glycine max*) cultivar IAC-23 quanto a eficiência na fixação biológica de nitrogênio, em área de reforma de pastagem em Colina-SP. **Unimar Ciências**, Colina, v.15, n.01, p.63-70, 2006.

BASSOL, L. H., 1998. **Crescimento e distribuição de raízes de videira e sua relação com a prática de irrigação**. Petrolina: Embrapa semiárido, 1998. 4p. (Embrapa semiárido. Circular Técnica, 76).

BROCH, D. L.; CECCON, G. **Produção de milho safrinha com interação lavoura e pecuária**. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/safrinha/index.htm>. Acesso em: 10 mar. 2016.

BRUGGEMANN, G. **Estado da arte e divulgação do plantio direto no Brasil**. Revista Plantio Direto. Versão eletrônica, 1 ed. mar./abr. 2011. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1039>. Acesso em: 16 jan. 2016.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.

CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.

CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D.; ROSA, G. M. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomico. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 9, n.17, p. 969, 2013.

CECCON, G., MATOSO, A. O., NETO NETO, A. L., FIGUEIREDO, P. G., ROCHA, M. M. Avaliação de Genótipos de Feijão-caupi em Dourados, Mato Grosso do Sul. In: **Congresso Nacional de Feijão-Caupi**, 2. Belém. Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 1 CD-ROM.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Cerrado: Manejo de *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com milho safrinha e rendimento de soja em sucessão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 113, p. 4-8, 2009.

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

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em 9 sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Décimo segundo levantamento setembro/2015**. Brasília, SP, 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2015.

COSTA, H. J. U.; JANUSCKIEWICZ, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; MELO, E. S.; RUGGIERI, A. C. Massa de forragem e características morfológicas do milho e da *Brachiaria brizantha* cv. piatã cultivados em sistema de consórcio. **Ars Veterinária**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 134-143, 2012.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. Árvore do conhecimento “milho”: **AGEITEC: Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Versão eletrônica, 1 ed. dez. 2015. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3s932q7k.html>>. Acesso em: 31 dez. 2015.

EMBRAPA Agropecuária Oeste – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa apresenta cultivares de soja para safra 2013/2014 em MS**. Dourados, MS, 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/mobile/noticias?_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_javax.portlet.action=visualizarNoticia&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_titulo=embrapa-apresenta-cultivares-de-soja-para-safra-20132014-em-ms-&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_journalArticleId=1471969&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_id=buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet&p_p_lifecycle=1>. Acesso em: 03 nov. 2015.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Clima MS**: banco de dados. Dourados, [2016]. Disponível em: http://www.cpa0.embrapa.br/clima/?lc=site/banco-dados/base_dados />. Acesso em: 05 mar. 2016.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa, Sinop**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Sistema para análise de variância. Lavras: UFL/DEX, 2000, CD-ROM.

FIETZ, R. C.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN D. L.; Deficiência hídrica na região de Dourados, MS. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 42., 2013, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEA, 2013. 1 CD-ROM; CONBEA 2013.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 29-92.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; JOSE, J. V.; FRAGA JUNIOR, E. F.; PERBONI, A. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 6, p. 349-359, 2015.

KANTOLIC, A. G. Control ambiental y genético de la fenología del cultivo de soja: impactos sobre el rendimiento y la adaptación de genótipos. **Revista da Facultad de Agronomía UBA**, Buenos Aires, v. 28, p. 63-88, 2008.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 97-104, 2000.

LOOS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; BEUTLER, S. J.; ANJOS, L. H. C. Carbon, nitrogen and natural abundance of $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ of light-fraction organic matter under no-tillage and crop-livestock integration systems. **Acta Scientiarum**. Maringá, PR, v. 34, n. 4, p. 465-472, 2012.

MORANDO, R.; SILVA, A. O.; CARVALHO, L. C.; PINHEIRO, M. P. A. Déficit hídrico: efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 114-129, 2014.

MUNDSTOCK, C., THOMAS, A. L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Evangraf, 2005. 31p.

NUNES, U. R.; JÚNIOR, V. C. A.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

PAVÃO, A. R.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. **Revista de economia e sociologia rural**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 81-108, 2011.

REIS, G. N.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GERLACH, J. R.; CORTEZ, J. W.; GROTTA, D. C. C. Decomposição de culturas de cobertura no sistema plantio direto, manejadas mecânica e quimicamente. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.194-200, 2007.

RIBEIRO, L. M.; SANTOS, A. L.; LEITE, E. M.; KROLIKOWSKI, V.; FACHINELLI, R.; CECCON, G. Produtividade de milho safrinha solteiro e consorciado com braquiária em lavouras de Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 13., 2015, Maringá. **Anais...** Maringá, UEM, 2015. p. 1-5.

RICCE, W. S.; ALVES, S. J.; PRETE, C. E. C. Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1220-1225, 2011.

ROTAÇÃO de culturas. In: **TECNOLOGIAS de produção de soja** – Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. p. 15-38 (Embrapa SOJA. Sistema de produção, 16).

SALTON, J. C.; MACHADO, L. A. Z.; COSTA, A. R.; LIMA, R. R. B. Potencial de reciclagem e disponibilização de nutrientes por plantas forrageiras perenes cultivadas durante a entressafra em Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17., 2008, Rio de Janeiro. Manejo e conservação do solo e da água: **Anais...** Rio de Janeiro, SBCS, UFRRJ, 2008. 1 CD-ROM.

SALTON, J.C. Opções de safrinha para agregação de renda nos cerrados. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, PLANTIO DIRETO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 1999, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, p.189-200, 1999.

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

SILVA, D. A.; SOUZA, L. C. F. de; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C. Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 147-156, 2011.

SILVA, A. C.; HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 22-28, 2009.

SOUZA, F. A.; TRUFEM, S. F. B.; ALMEIDA, D. L.; SILVA, E. M. R.; GUERRA, J. G. M. Efeito de pré-cultivos sobre o potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 1913-1923, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722p.

TORRES, E.; ALMEIDA, A. M. R.; SARAIVA, O. F.; HENNING, A. A.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R.; FERREIRA, L. P. Morte de plântulas de soja provocada pelo excesso de umidade e falta de aeração do solo. Londrina: **Embrapa Soja**, v. 1, n. 239, p. 31, 2004.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Produção e decomposição de resíduos culturais antecedendo milho e soja num latossolo no Cerrado mineiro. **Comunicata scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 4, p. 419-426, 2014.

CAPÍTULO II - ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E CRESCIMENTO DE RAÍZ DA SOJA APÓS CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO.

RESUMO

O cultivo antecedente pode modificar as condições químicas do solo para um bom desenvolvimento e produtividade das culturas. Objetivou-se avaliar o crescimento de raízes de soja, cobertura do solo, atributos físicos e químicos do solo submetido a diferentes cultivos de outono-inverno durante o ano agrícola 2014/15. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, em Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas sub-divididas com quatro repetições, onde as parcelas principais foram os quatro cultivos de outono-inverno (*Brachiaria ruziziensis*, consórcio de milho com *B. ruziziensis*, milho safrinha e feijão-caupi) e as sub-parcelas as duas cultivares de soja BRS 284 e BRS 360 RR. Foram realizadas coletas de solo, durante o período de florescimento da soja, para as análises física e química. Foram coletadas amostras de raízes da soja nas camadas 0,0 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m; 0,20 - 0,30 m; 0,30 - 0,40 m. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O tipo de cultivo interferiu na quantidade de resíduos vegetais e cobertura do solo, com mudanças na qualidade física e química do solo. O feijão-caupi apresentou maior aumento nos teores de matéria orgânica, enquanto que a *B. ruziziensis* proporcionou maior crescimento das raízes de soja e o consórcio de milho com *B. ruziziensis*, maior macroporosidade e porosidade total do solo.

Palavras-chave: Integração Lavoura Pecuária, consórcio, fertilidade do solo.

CHAPTER II - ATTRIBUTES CHEMICALS AND PHYSICAL SOIL AND ROOT GROWTH OF SOYBEAN AFTER AUTUMN - WINTER CROPS.

SUMMARY

The predecessor crop can modify the conditions for a good development and crop productivity. This study aimed to evaluate the growth of soybean roots, ground cover, physical and chemical components of the soil under different autumn-winter crops during the crop year 2014/15, established 15 years in tillage. The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Agropecuaria Oeste, in Dourados, MS, in Oxisol clayey. The experimental design was a randomized block design with split-plot with four replications, where the main plots are the four autumn-winter crops (*Brachiaria ruziziensis*, corn intercropping with *Brachiaria* winter maize and cowpea) and sub-plots the two soybean cultivars BRS 284 and BRS 360 RR. Soil samples were collected during soybean flowering period, for physical and chemical analysis. soybean root samples were collected in layers 0.0 to 0.10 m; 0.10 to 0.20 m; 0.20 to 0.30 m; 0.30 to 0.40 m. Data were submitted to analysis of variance and the means compared by Tukey test at 5% probability. The type of farming interfere in the amount of crop residues and soil cover, with changes in physical quality and soil chemistry. Cowpea showed the highest increase in organic matter content, while *B. ruziziensis* provided greater growth of soybean roots and corn intercropping with *Brachiaria* higher macroporosity and total soil porosity.

Keywords: Integration Crop Farming, intercrop, soil fertility.

1. INTRODUÇÃO

A sucessão soja-milho safrinha, pode ser pouco eficiente para a proteção do solo, favorecendo a incidência de plantas daninhas, rompimento de agregados e lixiviação de nutrientes das camadas superficiais (FABIAN, 2009).

O Sistema de Plantio Direto (SPD) possui produção de massa, o que preconiza a manutenção do solo coberto por resíduos vegetais, protegendo principalmente as camadas superficiais do solo (REINERT et al., 2008).

O Brasil possui em torno de 72 milhões de hectares agricultáveis, e metade dessa área, cultivado em SPD, tornando o País líder no uso desse sistema (MAPA, 2015). Porém, em Mato Grosso do Sul, há baixas coberturas do solo pelo uso inadequado do SPD (BRÜGGEMANN, 2011).

O SPD, pode proporcionar uma diversidade de resíduos vegetais na superfície do solo, promovendo variações nas características físicas, químicas e biológicas no solo, que consequentemente melhoram a produtividade da cultura em sucessão (SEREIA, 2014).

A produção de palha pelas culturas em SPD deve aportar de 6 a 12 t ha⁻¹ de massa seca por ano de diferentes resíduos vegetais, que pela mineralização, ciclagem e disponibilidade de nutrientes, favorecem os atributos químicos e físicos do solo (SÁ, 1993).

Para Oliveira et al. (2008) o sistema PD pode proporcionar maior armazenamento de carbono no solo, chegando a valores próximos aos encontrados na vegetação nativa do Cerrado.

O SPD favorece também os atributos físicos do solo, por decorrência do maior volume e diversidade de raízes, suprimindo plantas daninhas e favorecendo um eficiente enraizamento das culturas, aumentando a porosidade e descompactando camadas mais profundas (SEGUY e BOUZINAC, 1995).

Essa diversidade de raízes também está relacionada com a ciclagem de nutrientes lixiviados nas camadas mais profundas do solo, trazendo estes para camadas mais superficiais, favorecendo a absorção pelas raízes das culturas em sucessão (MALAVOLTA, 2006).

Para Silva e Rosolem (2002), o efeito da compactação depende muito do total de resíduos de plantas que permanecem no solo e que pode afetar os atributos como densidade e umidade do solo.

O SPD pode ser associado também com a Integração Lavoura Pecuária (ILP), pois a *Brachiaria* produz material orgânico após a retirada do milho, que serve de alimento aos animais, e depois favorece a cultura em sucessão (JANTALIA et al., 2006; MACHADO et al., 2007).

A taxa de decomposição dos resíduos vegetais é controlada pelas características do material, como a relação C/N, teor de lignina e o tamanho dos fragmentos, e também a ação do clima, que juntos influenciam a atividade dos organismos decompositores (HOLTZ, 1995).

O entendimento da taxa de decomposição é importante, pois a mineralização dos resíduos vegetais varia conforme a região de cultivo. Nas regiões do Cerrado pode ser até 10 vezes maior a decomposição dos resíduos vegetais, do que em regiões de clima temperado (COSTA et al., 2014).

Dessa forma objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos químicos e físicos do solo e crescimento de raiz da soja após cultivos de outono-inverno.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características edafoclimáticas do local

O trabalho foi realizado na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, nas coordenadas 22°13' S e 54°48' W a 408 m de altitude.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013) (Tabela 1).

TABELA 1. Caracterização granulométrica do solo da área experimental, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, 2016.

Camada (m)	Frações Granulométricas			Textura
	Areia	Silte	Argila	
g kg ⁻¹			
0,00 - 0,10	140	364	496	Argilosa
0,10 - 0,20	114	222	663	Muito Argilosa
0,20 - 0,30	113	234	652	Muito Argilosa
0,30 - 0,40	105	244	651	Muito Argilosa

Fonte: SEREIA, 2014.

A área experimental é manejada em Plantio Direto há 15 anos, num esquema de sucessão de culturas há sete anos, onde no outono-inverno é cultivado feijão-caupi (var. guariba), milho safrinha, *Brachiaria ruziziensis* e consórcio de milho com *B. ruziziensis*, com a soja no verão.

Em 2008 foi aplicado três Mg ha⁻¹ de calcário para elevar a saturação de bases para 60% e em setembro de 2013 foi aplicado um Mg ha⁻¹ de gesso, ambos não foram incorporados ao solo.

O clima da região é classificado como Am (Tropical Monçônico) com verões quentes e invernos secos, temperaturas máximas e chuva excedente nos meses de dezembro e janeiro e temperaturas mínimas e déficit hídrico entre maio e agosto, com precipitação média anual de 1.469 mm, segundo a classificação de Koppen (FIETZ et al., 2013). Os dados de precipitação e temperaturas durante o experimento, foram obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste a 300 m da área experimental (Figura 1).

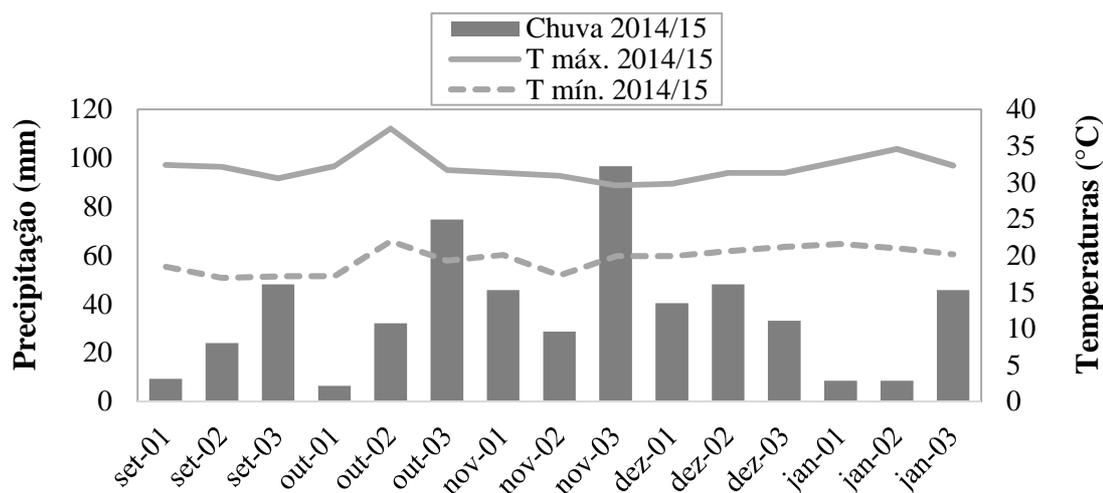


FIGURA 1. Valores decendiais de precipitação, temperaturas máximas e mínimas registradas durante o cultivo da soja-verão 2014/15, em Dourados, MS.

Fonte: Embrapa (2015).

2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, com parcelas subdivididas. Para as avaliações dos atributos químicos e físicos do solo as parcelas foram constituídas pelos quatros cultivos de outono-inverno (feijão-caupi (var. guariba), milho safrinha, *Brachiaria ruziziensis* e consórcio de milho com *B. ruziziensis*) e as sub-parcelas pelas camadas do solo (0,0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m e 0,30 - 0,40 m). Para avaliação do crescimento de raízes de soja foram considerados como fatores de variação os cultivos de outono-inverno, as cultivares de soja (BRS 284 e BRS 360 RR) e as camadas de solo, também em parcelas subdivididas. A soja foi semeada no dia 09/10/2014, em parcelas de sete linhas x seis metros de comprimento em espaçamento de 0,45 m entre si.

2.2.1 Coleta e análise física do solo

As coletas de solo foram realizadas entre os dias 23 e 27 de novembro de 2014 (estádio R1 da soja). Para coleta de solo foram abertas três trincheiras de 1,0 m x 0,40 m em cada parcela principal, entre a divisa das duas cultivares de soja.

As amostras indeformadas de solo para análise física foram retiradas com anéis volumétricos de 100 cm³ nas camadas de 0,0 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m; 0,20 - 0,30 m e 0,30

- 0,40 m. As amostras foram levadas para análise no laboratório de solos, tecidos vegetais e corretivos, da Embrapa Agropecuária Oeste.

Foi determinada a densidade do solo (DS), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (PT). A porosidade total, macro e microporosidade foram determinadas utilizando o método da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997) e para a determinação da densidade do solo (DS utilizou-se o método do anel volumétrico, segundo Embrapa (1997).

2.2.2 Coleta e análise de química de solo

Para a análise química foram retiradas amostras de 0,5 kg de solo nas camadas 0 a 0,10m; 0,10 a 0,20m; 0,20 a 0,30m e 0,30 a 0,40 m e analisadas no laboratório de solos da Embrapa Agropecuária Oeste segundo a metodologia descrita por Silva (2009).

2.2.3 Coleta e análise de raiz de soja

Nas trincheiras abertas entre as duas cultivares de soja para avaliação de atributos físicos foram coletadas amostras de raízes das duas cultivares de soja a cada 0,10 m até 0,40 m. O anel foi introduzido no solo com auxílio de uma marreta, no sentido vertical.

Em laboratório as raízes foram separadas do solo e lavadas em água corrente e armazenadas em potes plásticos, com solução de álcool a 70% em câmara fria a 10° C.

Em 01/02/2016, as raízes foram digitalizadas em scanner Epson Perfection V700 Photo Scanner de alta resolução e as imagens processadas pelo software WinRhizo (WINRHIZO, 2015).

Foram obtidas as variáveis comprimento de raízes (CR), área superficial de raízes (AR), diâmetro médio de raízes (DR) e número de bifurcações (NB). Após esse processo, as raízes foram secas em estufa de ar forçado a 60° C, para obtenção da massa seca de raízes (MSR).

2.3 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 FERTILIDADE DO SOLO.

3.1.1 pH, CTC, V%, M.O, em função do cultivo e profundidade

A análise de variância indicou efeito isolado de Cultivo e Profundidade para todas as variáveis. Houve efeito de interação entre cultivos e profundidade para todas as variáveis (Tabela 2).

TABELA 2. Resumo da análise de variância de acidez do solo (pH CaCl₂), capacidade de troca de cátions - CTC (cmol_c dm⁻³), saturação por bases (V%) e matéria orgânica do solo (M.O) sobre cultivo e profundidade, em Dourados-MS, 2016.

	Quadrado médio.....			
Fator de variação	GL	pH	CTC	V%	M.O
Cultivo	3	0,0635*	0,9121*	252,7417*	1002,5589*
Profundidade	3	2,2424*	50,5648*	3818,2986*	628,7031*
Interação	9	0,0422*	0,9209*	81,5742*	138,5691*
Média		4,95	10,26	45,71	30,76
DMS		0,33	1,04	7,66	15,82

GL = graus de liberdade, *Significativo e ^{ns} não significativo (p>0,05).

Os valores de pH foram maiores na camada de 0,0 a 0,10 m, entre 5,6 a 5,4 CaCl₂. De acordo com Rajj et al. (1996), esses valores são considerados bons (Figura 2).

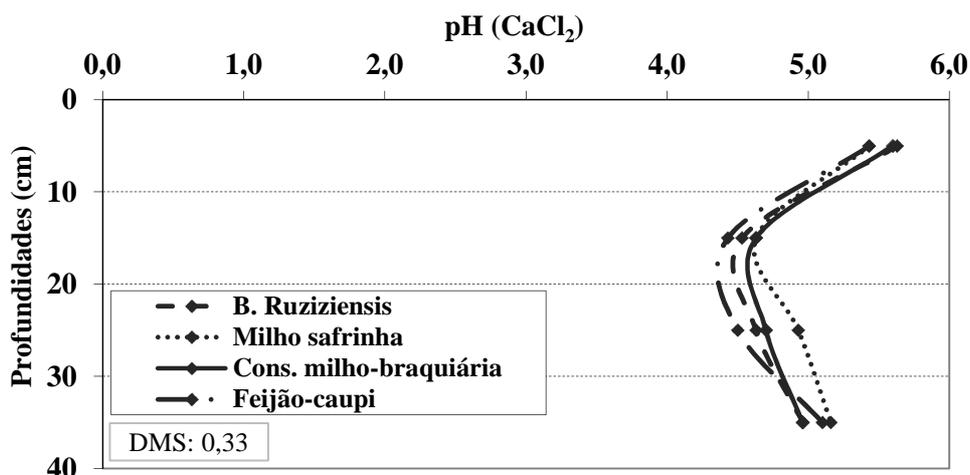


FIGURA 2. Acidez do solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

A área do experimento recebeu corretivo na dose de 3 Mg ha⁻¹ de calcário em 2008 e 1 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola em 2013, com o intuito de aumentar a saturação de bases a 60%. O que explica os maiores valores de pH na primeira camada de 0,10 a 0,20 m.

Os efeitos dos corretivos podem persistir na superfície do solo por longos períodos, em profundidade de até 10 cm, a calagem pode persistir por 18 a 30 meses e o gesso agrícola por 28 até 35 meses (COSTA, 1996; CAIRES et al., 2003) contribuindo assim para a correção do pH (ALLEONI et al., 2005). Explicando também os teores da Capacidade de troca de cátions (CTC), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do experimento (Figura 3, Figura 8, Figura 9). Onde os valores também foram maiores na primeira camada avaliada (0,0 - 0,10 m).

As camadas intermediárias de 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m, o pH diminuiu em todos os cultivos de outono-inverno, variando entre 4,6 a 4,4 e 4,9 a 4,5 CaCl₂ respectivamente. Para Taiz e Zeiger, (2004) nesta camada existe um maior volume de raízes, e com a absorção dos cátions, acabam liberando íons de hidrogênio para manter a eletroneutralidade do meio.

A camada de 0,30 a 0,40 m, o pH foi menor em relação a primeira camada, porém os valores foram maiores em comparação as camadas intermediárias (0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,30 m), variando entre 5,1 a 4,9 CaCl₂.

Com relação a CTC os valores foram superiores na camada de 0,0 a 0,10 m, destacando-se com os mesmos teores o feijão-caupi e o consórcio milho com *B. ruziziensis*, com 13,2 cmol_c dm⁻³. Os outros cultivos de outono-inverno como milho safrinha e *B. ruziziensis* também apresentaram os mesmos valores, porém em menor concentração, com 12,2 cmol_c dm⁻³ (Figura 3).

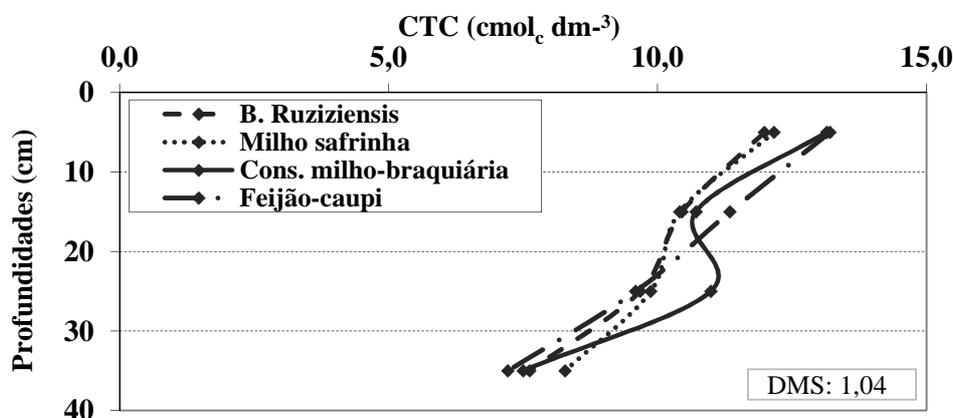


FIGURA 3. Capacidade de troca de cátions do solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

O acúmulo de palha em SPD favorece a liberação e disponibilidade de nutrientes importantes (LOVATO et al., 2004), dessa forma, as condições químicas do solo são melhoradas de forma eficiente (FIGUEIREDO et al., 2007).

O consórcio de milho com *B. ruziziensis*, a produção de cobertura é maior pela soma das duas culturas, que conseqüentemente a uma maior disponibilidade de nutrientes, havendo uma melhor manutenção da CTC (SANTOS et al., 2008).

A cultura do feijão-caupi favorece os valores de matéria orgânica do solo pela rápida decomposição dos restos vegetais. A decomposição deste cultivo é rápida pela baixa relação C/N, transformando seus resíduos vegetais em húmus pela decomposição, que conseqüentemente contribui com a CTC do solo (BIASSANI et al., 2008).

Os valores de matéria orgânica do solo do experimento na camada de 0,0 a 0,10 m também foram maiores (Figura 5), o que poderia ter incrementado a CTC do solo. Este comportamento da CTC, semelhante ao da M.O, reforça a estreita ligação entre essas variáveis, também observado por Garay et al. (2003).

Os valores de CTC foram diminuindo conforme se aumentava-se a profundidade do perfil do solo, na camada de 0,10 a 0,20 m, os cultivos de outono-inverno apresentaram pouca variação, com valores entre 11,3 e 10,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Para as camadas seguintes de 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,40 m, esses valores também variaram pouco entre os cultivos de outono-inverno, com 11,0 a 9,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e 8,3 a 7,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ respectivamente.

Para a saturação de base (V%), todos os cultivos de outono-inverno, apresentaram valores acima de 60%, na primeira camada avaliada, valores considerados como adequados para as culturas em sucessão (SEREIA, 2014) (Figura 4).

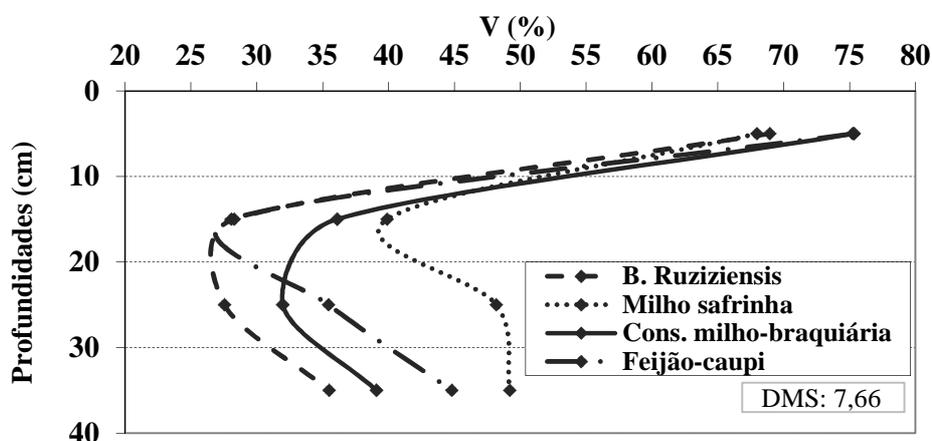


FIGURA 4. Saturação por bases do solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

O feijão-caupi e o consórcio milho com *B. ruziziensis* apresentaram os mesmos valores de V% na camada de 0,0 a 0,10 m, com 75,2%, seguidos do milho safrinha e *B. ruziziensis* com 68%.

Com a Matéria Orgânica (MO) ocorre liberação de nutrientes como Ca, K e Mg para as camadas superficiais. Para Marques et al. (1999), o aumento na concentração desses nutrientes influencia no aumento do V%. O que poderia explicar, pois os valores de Ca, K e Mg deste experimento também foram maiores nessa mesma camada de 0,0 a 0,10 m (Figura 8, Figura 6 e Figura 9).

Na camada de 0,10 a 0,20 m, os valores de V% diminuíram entre 36,1 a 28,1%. Na camada 0,20 a 0,30 m esses mesmos valores variaram entre 48,2 a 27,5%. E a camada 0,30 a 0,40 m, variaram entre 49,2 a 35,5%.

Para Ribeiro et al. (1999) quando o V% se encontra abaixo de 50%, deve se elevá-lo para 60%, ou seja, a faixa de saturação por bases adequada é de 50% a 60%. Isso demonstra que as camadas abaixo de 0,10 m, no experimento precisam elevar a V%.

Em SPD, a presença de espécies com sistemas radiculares mais profundo, podendo atingir até 1 m de profundidade, acabam explorando os nutrientes como Ca, Mg e K, e essa atividade pode influenciar o V% no perfil do solo (LIMA, 2004; SPERA et al., 2004). O que poderia explicar os valores de V% menores nas profundidades abaixo de 0,10 m.

A MO, os teores foram maiores na camada 0,10 em todos os cultivos de outono-inverno, destacando-se o feijão-caupi, com 68,1 g kg⁻¹, seguido do consórcio milho com *B. ruziziensis* e *B. ruziziensis* solteira que apresentam valores muito próximos, com 32,6 e 33,6 g kg⁻¹ respectivamente, e por último o milho safrinha, com 26,3 g kg⁻¹ (Figura 5).

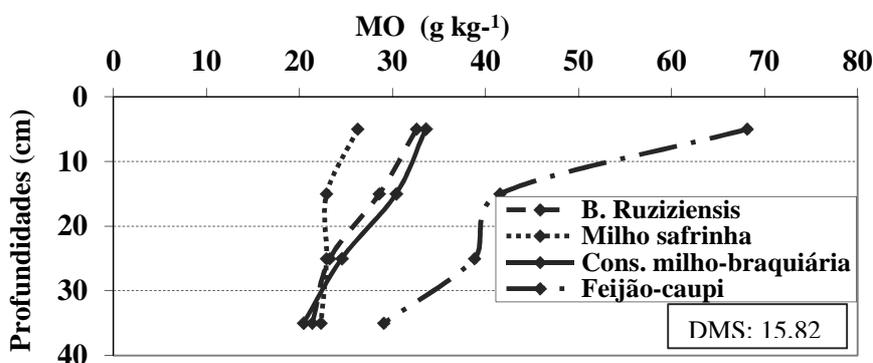


FIGURA 5. Matéria orgânica do solo em função dos tratamentos de outono- inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

Em 90 dias a cobertura do feijão-caupi pode se decompor em até 62% do seu total, bem mais rápido em comparação ao milho safrinha e a *B. ruziziensis* onde nesse mesmo período essas culturas podem se decompor em até 40% e 52% respectivamente (AZEVEDO e SPEHAR, 2002), dessa forma o feijão-caupi contribui mais com a MO em comparação aos outros cultivos de outono-inverno.

Cultivos como o consórcio milho com *B. ruziziensis* e *B. ruziziensis* solteira, favorece aumento de nutrientes e nos teores de MO, mantendo os padrões químicos do solo muito próximos dos originais (BORGHI e CRUSCIOL, 2007). Provavelmente, devido ao maior aporte de material vegetal em superfície pela palha e em profundidade pelas raízes (SEREIA, 2014).

Os valores de MO vão diminuindo com a profundidade do solo, para todos os cultivos.

3.1.2 Macronutrientes em função do cultivo e profundidade

A análise de variância indicou efeito isolado de cultivo e profundidade para potássio, cálcio e magnésio e interação para os três macronutrientes (Tabela 3).

TABELA 3. Resumo da análise de variância para potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em solo após cultivos de outono-inverno e camada do solo, em Dourados-MS, 2016

Fator de variação	GL	-----Quadrado médio-----			
		K	P	Ca	Mg
Cultivo	3	0,1677*	132,9974 ^{ns}	2,0196*	0,1436*
Profundidade	3	1,3746*	7791,4085*	34,2407*	7,7325*
Interação	9	0,0696*	117,1781 ^{ns}	0,5950*	0,0352*
Média		0,29	16,67	3,23	1,32
DMS		0,21	37,25	0,61	0,24

GL = graus de liberdade, *Significativo e ^{ns} não significativo (p>0,05).

Os teores de K foram maiores na camada de 0,0 a 0,10 m, e foram diminuindo com a profundidade do perfil do solo (Figura 6).

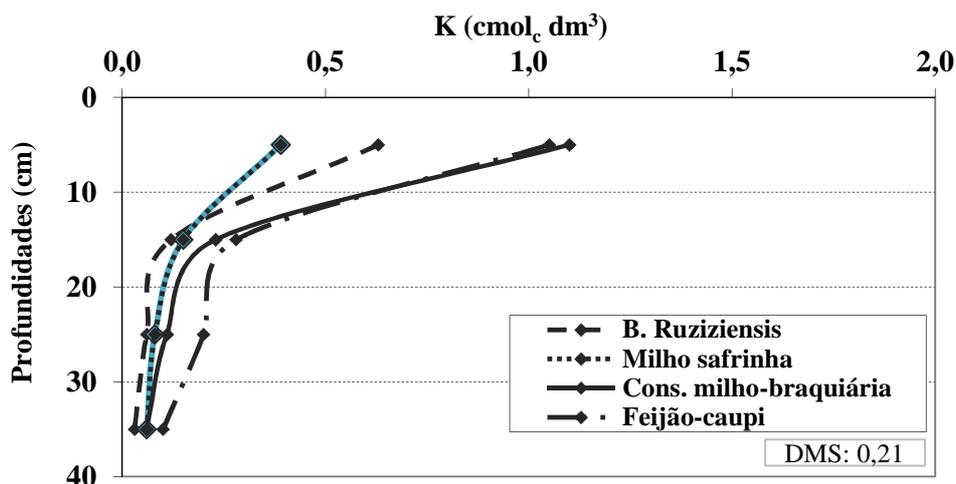


FIGURA 6. Potássio no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

Na camada de 0,0 a 0,10 m, a maior presença de material vegetal como raízes e a parte aérea das plantas remanescentes que no processo de decomposição liberam primeiramente o K para o ambiente (SEREIA, 2014).

O consórcio milho com *B. ruziziensis* e o feijão-caupi variaram pouco entre os teores de K, na primeira camada destacando-se dos outros cultivos de outono-inverno, com 1,1 cmol_c dm³, maiores inclusive do que a *B. ruziziensis* e milho safrinha com 0,6 e 0,4 cmol_c dm³ respectivamente.

Essas duas culturas (consórcio milho com *B. ruziziensis* e feijão-caupi) contribuem muito com o K liberado ao solo, pela decomposição dos resíduos vegetais, possuindo uma liberação de 80% para gramíneas e 90% para leguminosas, tendo assim importante papel na ciclagem desse nutriente no sistema (SANTOS et al., 2008).

Para Alvarenga et al. (2001) a concentração dos teores de K na superfície é maior nessas duas culturas (consórcio milho com *B. ruziziensis* e feijão-caupi) pela qualidade do material (relação C/N), ou seja, resíduos com rápida decomposição.

Com relação ao P, os maiores teores estão na camada de 0,0 a 0,10 m, mas que diminuem conforme a profundidade, com valores baixos na camada de 0,30 a 0,40 m. Os resultados corroboram com Sereia (2014) onde os maiores valores de P foram encontrados na camada 0,0 a 0,10 m (Figura 7).

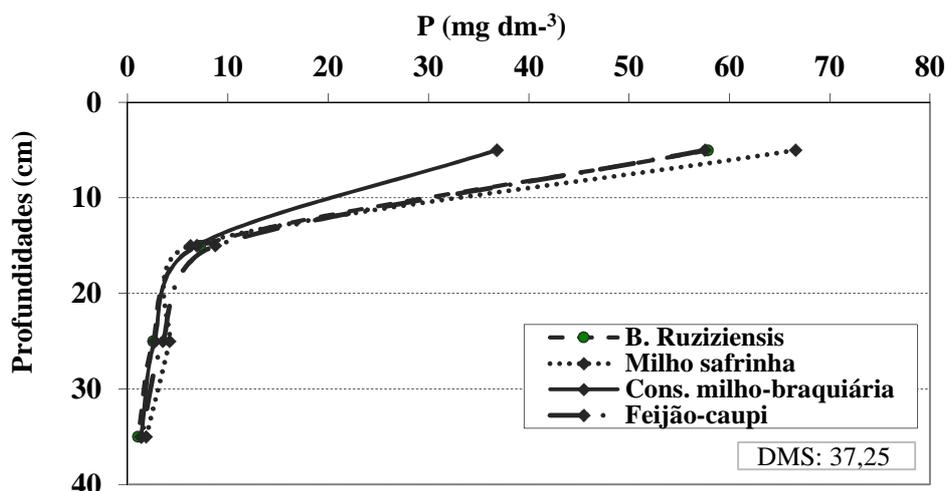


FIGURA 7. Fósforo no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

Para Sá (1993) o passar dos anos de implantação do SPD, ocorre um acúmulo de P na camada superficial do solo, sobretudo, nos primeiros 0,5 a 0,10 m. Talvez decorrente principalmente, pela sua baixíssima mobilidade no solo.

O milho safrinha apresentou maior teor de P em relação aos outros cultivos de outono-inverno, na profundidade de 0,0 a 0,10 m, com 67 mg dm^{-3} , seguido da *B. ruziziensis* e o feijão-caupi com os mesmos teores de 58 mg dm^{-3} , e por último o consórcio milho com *B. ruziziensis*, com 37 mg dm^{-3} .

O cultivo do milho safrinha pode ser considerado um sistema conservacionista quando usado em SPD, tendo como características a disponibilidade e acúmulo de nutrientes ao solo, pela decomposição primeiramente das folhas, podendo favorecer a produtividade da cultura em sucessão (CRUZ et al., 2015).

O feijão-caupi e a *B. ruziziensis* podem favorecer a ciclagem de P, devido à decomposição de sua fitomassa (CABEZAS et al., 2004; FERREIRA et al., 2011).

Com relação ao Ca, os maiores teores estão presentes na camada de 0,0 a 0,10 m. Destacando-se os cultivos feijão-caupi e o consórcio milho com *B. ruziziensis*, com 6,3 e 6,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, seguidos pelo milho safrinha e *B. ruziziensis* com 5,5 e 5,3 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente (Figura 8).

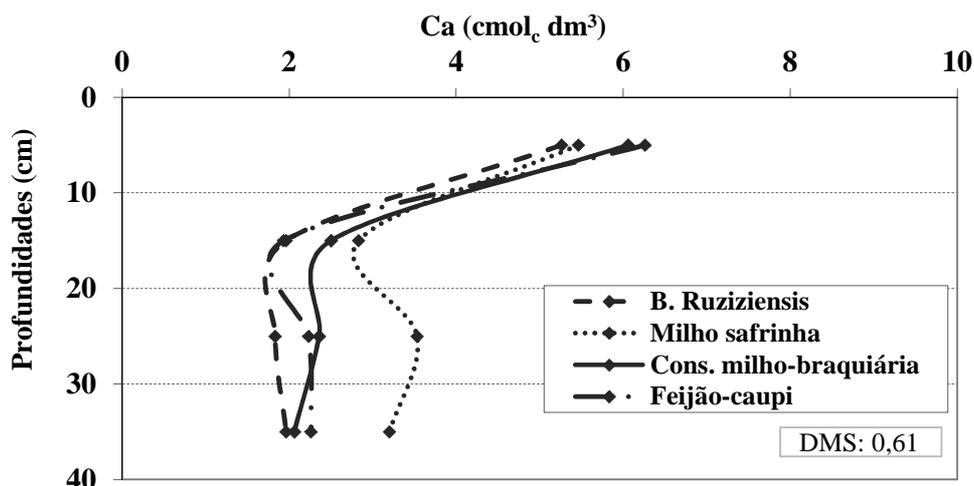


FIGURA 8. Cálcio no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

O feijão-caupi tem capacidade de acumular em sua massa seca, $18,3 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca, e ao processo de decomposição, o Ca volta ao solo, ocorrendo a ciclagem desse nutriente (PEREZ et al., 2013).

Para Ceccon e Kurihara (2009) o consórcio milho com *B. ruziziensis* apresenta menor variação dos nutrientes no solo pela quantidade de resíduos vegetais que este cultivo apresenta na superfície do solo. Isso explica o seu maior valor de Ca em relação ao milho safrinha e *B. ruziziensis*.

Na camada de 0,10 a 0,20 m, os teores de Ca diminuem, em comparação a camada de 0,0 a 0,10 m. A camada de 0,20 a 0,30 m, os valores foram semelhantes com os da camada de 0,30 a 0,40 m. Ficando entre $1,8$ a $3,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$ e $2,1$ a $3,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$, respectivamente.

Para Pavani (1994) a variação nos teores de cálcio nas profundidades intermediárias ocorre devido a migração do Ca em associação a outros nutrientes, ocorrendo o deslocamento deste nutriente da superfície para o subsolo, através de lacunas formadas por raízes.

Para Mg, os maiores teores estão presentes na camada de 0,0 a 0,10 m, destacando-se o consórcio milho com *B. ruziziensis* e o feijão-caupi com $2,7$ e $2,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$ respectivamente, seguidos do milho safrinha e *B. ruziziensis* que apresentaram os mesmos valores com $2,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$ (Figura 9).

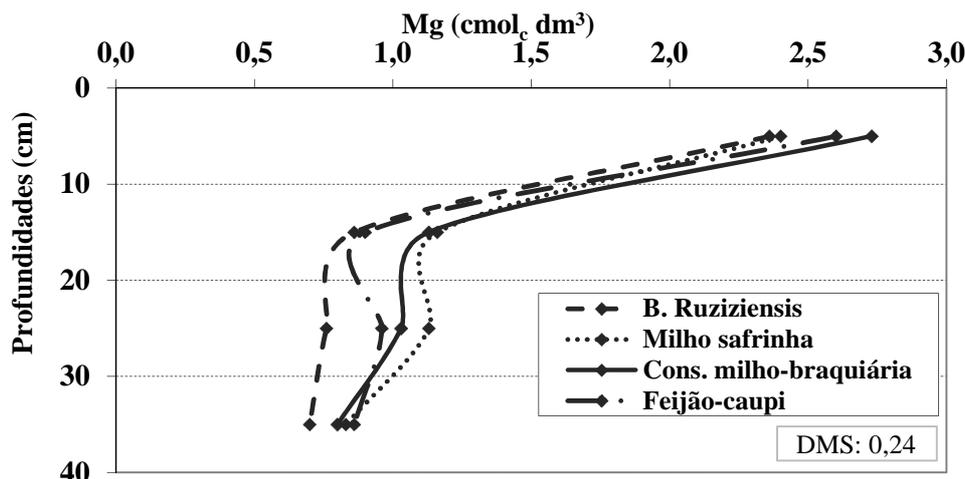


FIGURA 9. Magnésio no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

Para Perez et al. (2013) o feijão-caupi pode acumular e disponibilizar com o processo de decomposição da cobertura em torno de 4,5 a 4,8 g kg⁻¹ de Mg.

Na camada de 0,10 a 0,20 m, os teores de Mg variaram entre 0,9 a 1,1 cmol_c dm³, muito semelhante a camada de 0,20 a 0,30 m, variando entre 0,8 a 1,1 cmol_c dm³.

A variação de Mg nas profundidades abaixo de 0,10 m está relacionada com movimentação dele em associação a outros nutrientes ou por meio da lixiviação mesmo sendo pouco móvel, mas em menor quantidade em comparação a profundidade superficial (SOUSA e LOBATO, 2002).

3.1.3 Micronutrientes em função do cultivo e profundidade.

A análise de variância indicou efeito de cultivo e de profundidade para todos os micronutrientes avaliados e efeito da interação para cobre, manganês e zinco (Tabela 11).

TABELA 11. Resumo da análise de variância para cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em camadas de solo cultivados com soja após cultivos de outono-inverno e do solo, em Dourados-MS, 2016.

Fator de variação	GL	-----Quadrado médio -----			
		Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivo	3	2,9440*	37,5858 ^{ns}	317,4216*	2,5263*
Profundidade	3	8,5107*	348,9136*	298,256*	58,2974*
Interação	9	1,3652*	20,4986 ^{ns}	8,929*	1,7268*
Média		10,25	32,26	55,35	1,6
DMS		1,60	9,61	15,93	1,81

GL = grau de liberdade, *Significativo e ^{ns} não significativo (p>0,05).

Na camada de 0,0 a 0,10 m, os teores de Cu foram maiores para o feijão-caupi com 10,4 mg dm⁻³, seguido do milho safrinha, *B. ruziziensis* e consórcio milho com *B. ruziziensis*, com valores de 10,2, 10,1, e 9,5 mg dm⁻³ respectivamente (Figura 10).

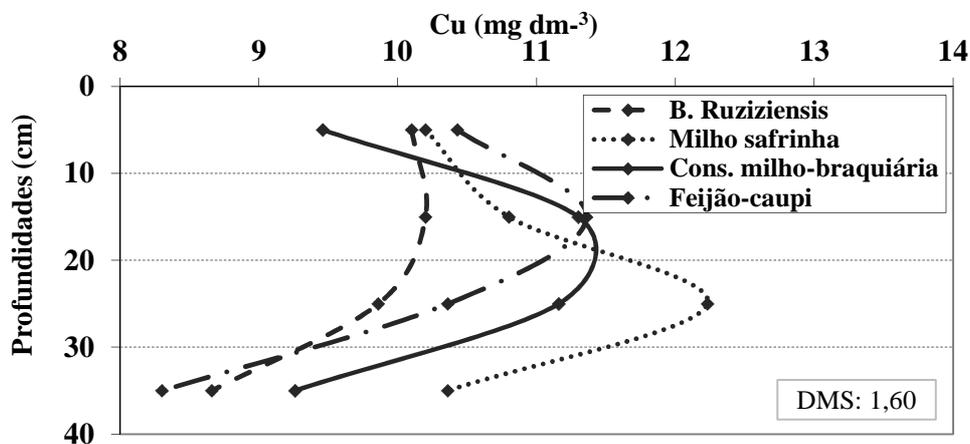


FIGURA 10. Cobre no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

O feijão-caupi, pode acumular em torno de 50,7 mg kg⁻¹ de Cu em sua fitomassa, e com o processo de decomposição, o nutriente é liberado e disponibilizado para a cultura em sucessão (PEREZ et al., 2013).

Na camada de 0,10 a 0,20 m, todos os cultivos de outono-inverno apresentaram um aumento nos teores de Cu, variando de 10,2 a 11,4 mg dm⁻³, e esses teores aumentavam com a profundidade para 0,20 a 0,30 m.

Essa variação nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, ocorre devido a sequência de culturas no SPD com desenvolvimento radicular diversificado, que contribui com a ciclagem deste nutriente do subsolo para as camadas mais superficiais (LOPES et al., 2004).

Na camada de 0,30 a 0,40 m, os teores de Cu diminuíram, apresentando entre 10,4 a 8,3 mg dm⁻³. Isto pode estar relacionado com a alteração do pH nesta profundidade. Para Furtini Neto et al. (2001) o acréscimo de pH ocorre a redução de micronutrientes como o Cu.

Com relação ao Fe, na camada de 0,0 a 0,10 m, os teores apresentaram valores entre 19,3 a 28,2 mg dm⁻³, havendo destaque para o feijão-caupi com 28,2 mg dm⁻³, seguido do consórcio milho com *B. ruziziensis*, com 27,3 mg dm⁻³ (Figura 11).

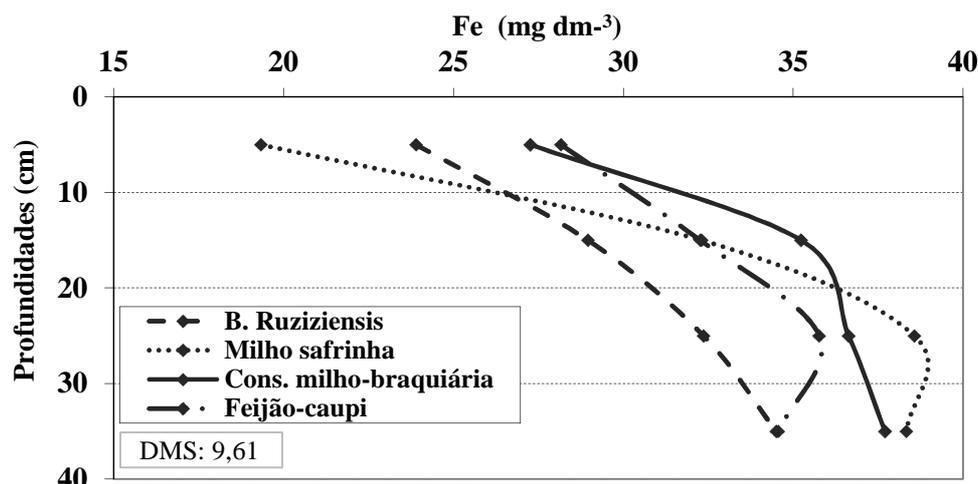


FIGURA 11. Ferro no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

Para Kliemann et al. (2003) não há uma sugestão de nível crítico de Fe disponível no solo, já que não se tem constatado deficiências desse nutriente em plantas.

Alguns dos fatores que interferem na disponibilidade do Fe é o pH e adubações fosfatadas, fazendo-se necessário o monitoramento para que os níveis estejam dentro do aceitável (FURTINI NETO et al., 2001).

Para Mn, os teores foram maiores na camada de 0,0 a 0,10 m, destacando - se o consórcio milho com *B. ruziziensis* e o feijão-caupi com 131,4 e 118,6 mg dm⁻³, seguidos da *B. ruziziensis* e do milho safrinha, onde os valores foram de 92,2 e 89,8 mg dm⁻³ respectivamente (Figura 12).

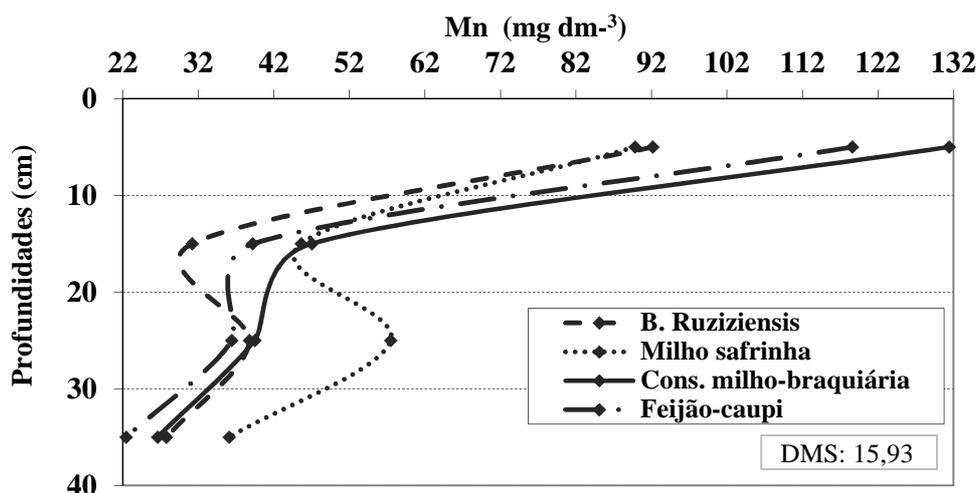


FIGURA 12. Manganês no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

O feijão-caupi pode disponibilizar entre 86,6 a 94,9 mg kg⁻¹ de Mn com o processo de decomposição da cobertura (PEREZ et al., 2013).

Os maiores teores de Mn na superfície são devidos ao não revolvimento de solo, que favorece o aumento de Mn na área (CAVALCANTE et al., 2007).

Na camada de 0,10 a 0,20 m, os teores de Mn diminuíram entre 39,2 a 31,2 mg dm⁻³, somente na camada de 0,20 a 0,30 que houve uma elevação, entre 57,5 e 36,4 mg dm⁻³. E na camada 0,30 a 0,40 m, entre 36,1 a 22,4 mg dm⁻³.

Essas variações estão relacionadas com a implantação do SPD podendo favorecer o aumento na disponibilidade de Mn para as culturas (LOPES et al., 2004).

Com relação ao Zn, os teores foram maiores na profundidade de 0,0 a 0,10 m, variando entre 6,6 a 2,6 mg dm⁻³. Nesta mesma profundidade o feijão-caupi se destacou (6,6 mg dm⁻³), seguido do consórcio milho com *B. ruziziensis* (5,7 mg dm⁻³), *B. ruziziensis* (4,7 mg dm⁻³) e o por último o milho safrinha (2,6 mg dm⁻³) (Figura 13).

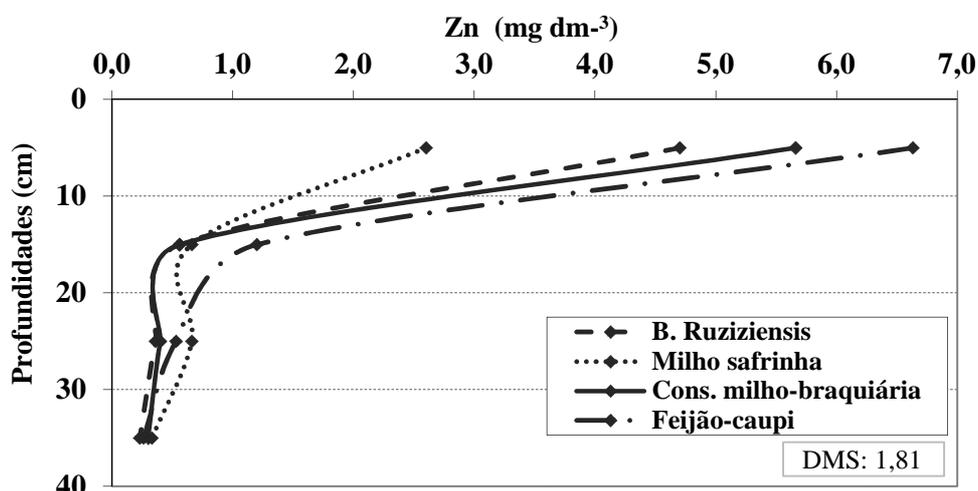


FIGURA 13. Zinco no solo em função dos tratamentos de outono-inverno, nas camadas do solo, em Dourados, MS, 2016.

O feijão-caupi pode acumular e disponibilizar em torno de 27,6 a 28,8 mg kg⁻¹ de Zn ao solo (PEREZ et al., 2013).

O consórcio milho com *B. ruziziensis*, produz maior quantidade de resíduos vegetais (CECCON et al., 2013), o que proporciona aumento de Zn pela mineralização de toda a palha.

Na profundidade de 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m, variaram entre 1,2 a 0,6 mg dm⁻³ e 0,7 a 0,4 mg dm⁻³ respectivamente e na profundidade de 0,30 a 0,40 m apresentaram 0,3 mg dm⁻³ de Zn.

Esses menores teores de Zn no subsolo podem estar relacionados pela forte adsorção destes nutrientes aos colóides do solo, dificultando assim a absorção pelas plantas e em alguns casos também provocar deficiências (LOPES, 1999).

3.2 FÍSICA DO SOLO

3.2.1 Atributos físicos do solo em função dos cultivos de outono-inverno

A análise de variância indicou efeito isolado de cultivo e profundidade para macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo (Tabela 4). Não houve interação entre cultivos e profundidades para as variáveis analisadas.

TABELA 4. Resumo da análise de variância para macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS), em camadas do solo, após cultivos de outono-inverno, em Dourados-MS, 2016

Fator de variação	GL	-----Quadrado médio-----			
		Ma	Mi	PT	DS
Cultivo	3	55,84*	23,51*	16,57*	0,03*
Profundidade	3	3,92*	8,75*	15,99*	0,02*
Cultivo x profundidade	9	7,97 ^{ns}	2,30 ^{ns}	3,40 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Média		11,98	41,17	53,16	1,26
C.V.%		20,72	3,12	3,44	3,71

GL = graus de liberdade, *Significativo e ^{ns} não significativo (p>0,05).

O consórcio milho com *B. ruziziensis* apresentou maior Ma com 14,8%, mas não diferiu estatisticamente do feijão-caupi. Isso pode ser decorrente pela menor mobilização do solo no consórcio, menor compactação superficial, pois o acúmulo de palha do milho e da braquiária, é maior, pois possui alta densidade de raízes, que após a dessecação, essas raízes se decompõem deixando espaços no perfil do solo (CHIODEROLI, 2010; MENDONÇA, 2012).

Cavalieri et al. (2006), explicam que o consórcio de milho com *B. ruziziensis* é importante pela manutenção da qualidade dos atributos físicos do solo.

O milho safrinha e *B. ruziziensis* solteiros apresentaram menor Ma, entre 10,1 e 10,4 %, respectivamente. Esse resultado pode estar relacionado pela menor densidade de raízes do milho safrinha, quando comparado ao consórcio milho com *B. ruziziensis*, e a

B. ruziziensis, possivelmente pelo pastejo dos animais durante o período de pousio, causando redução na quantidade de macroporos.

Com relação a Mi, os cultivos feijão-caupi, milho safrinha e *B. ruziziensis* não diferiram estatisticamente entre si. Esses cultivos apresentaram maior Mi pela relação com a densidade de raízes, pois a soma de raízes entre o consórcio milho com *B. ruziziensis* é maior em comparação as outras culturas individualmente.

Quando o milho safrinha e a *B. ruziziensis* solteira são cultivados antes da soja, pode incrementar os valores de microporos no perfil do solo, devido a menor densidade de raízes das plantas (LANZANOVA et al., 2007).

O feijão-caupi e o consórcio de milho com *B. ruziziensis* apresentaram maior PT entre os outros cultivos, devido a maior porcentagem de Ma.

O milho safrinha e a *B. ruziziensis* apresentaram os menores valores de PT. A *B. ruziziensis* pode estar relacionado pelo pisoteio dos animais no período do pousio. Sereia (2014) também observou que a menor PT, ocorreu sob o cultivo de *B. ruziziensis*, em área de pisoteio por animais, aumentando a densidade do solo.

O milho safrinha incrementa os valores de microporos no perfil do solo, pela ação das suas raízes em ter menor densidade em comparação aos outros sistemas radiculares (VENZKE FILHO et al., 2004; LANZANOVA et al., 2007).

O milho safrinha apresentou maior DS em comparação aos outros cultivos, com média de $1,37 \text{ kg dm}^{-3}$.

Valores ideais de densidade do solo para um bom desenvolvimento das culturas em solos argilosos, variam entre 1,40 a $1,60 \text{ kg dm}^{-3}$ (REICHERT et al., 2003). Demonstrando que os valores observados neste trabalho estão adequados para desenvolvimento das culturas, mesmo após o milho safrinha.

O milho safrinha possui uma baixa porcentagem de cobertura no solo, e existe uma relação, onde a diminuição da DS ocorre com o passar do tempo, com o uso de culturas de coberturas no outono-inverno (FABIAN, 2009), o que poderia também explicar a menor DS no cultivo consórcio milho com *B. ruziziensis*, já que apresenta alta cobertura do solo (Tabela 5).

TABELA 5. Macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT) e densidade do solo (DS), durante o cultivo (R1) da soja em Dourados-MS, 2016.

Cultivos de outono-inverno	Ma (%)		Mi (%)		PT (%)		DS (kg dm⁻³)	
Feijão-caupi	12,5	ab	41,5	a	51,2	a	1,24	b
Milho safrinha	10,1	b	41,4	a	51,6	b	1,37	a
<i>B. ruziziensis</i>	10,4	b	42,4	a	52,9	ab	1,27	b
Consórcio milho- <i>B. ruziziensis</i>	14,8	a	39,2	b	54,1	a	1,19	c
Média	12,0		41,1		52,4		1,26	
CV%	20,7		3,1		3,4		3,7	

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

3.2.2 Atributos físicos do solo em função da profundidade

A análise de variância indicou efeito isolado de cultivo e profundidade para microporosidade, porosidade total e densidade do solo. Não houve interação entre cultivos e profundidades.

Os maiores valores de Mi foram encontrados nas camadas de 0,0 a 0,10 m e 0,30 a 40 m. Provavelmente, consequência da menor resistência à penetração nessas camadas do solo. Pois nessa camada os valores de porosidade total também são maiores com 53,8 e 54,6%.

Esse crescimento radicular está ligado as condições físicas do solo, mas também depende da fertilidade do mesmo, como o pH, V%, Ca, Mg, K e P (Figura 2, Figura 4, Figura 8, Figura 9, Figura 6 e Figura 7), que também apresentaram os maiores valores nutrientes nessas profundidades.

Nas camadas intermediárias (0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m), podem ter apresentado uma barreira química, já que os nutrientes estavam em menor concentração e a acidez estava maior. Para Viegas et al. (1994), as camadas intermediárias podem apresentar um aumento na densidade do solo.

Visto que a mineralização dos resíduos vegetais no SPD, junto ao menor efeito de máquinas agrícolas sobre o solo, o acúmulo de nutrientes ocorre mais nas camadas superficiais, permitindo maior crescimento radicular e conseqüentemente favorecendo a Mi e PT (SOUZA e ALVES, 2003; FERREIRA et al., 2009).

Enquanto que os macroporos são diminuídos, aumentando os microporos, que pode ser devido a pressão causada pelas raízes, por animais em pastejo ou trânsito de máquinas (PEREIRA et al., 2011).

Os maiores valores de DS, foram observados nas três primeiras camadas, 0,0 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,30 m, apresentando valores entre 1,27, 1,29 e 1,27 kg dm⁻³, respectivamente. Somente a última profundidade de 0,30 - 0,40 m, que apresentou a menor DS, com 1,10 kg dm⁻³. Fidalsk et al. (2013), avaliando intervalo hídrico, após pastejo contínuo, também observaram maiores valores nas camadas 0,0 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m; 0,20 - 0,30 m, e atribuem à presença sistemática dos animais (Tabela 6).

TABELA 6. Microporosidade (Mi), porosidade total (PT) e densidade de solo (DS), nas camadas do solo, em Dourados-MS, 2016.

Camadas	Mi (%)		PT (%)		DS (kg dm ⁻³)	
0,00 - 0,10 m	42,1	a	53,8	ab	1,27	a
0,10 - 0,20 m	40,6	bc	52,0	b	1,29	a
0,20 - 0,30 m	40,3	c	52,4	b	1,27	a
0,30 - 0,40 m	41,8	ab	54,6	a	1,19	b
Média	41,2		53,2		1,26	
CV%	3,0		3,4		3,7	

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

3.3 RAÍZES DE SOJA

3.3.1 Raízes de soja em função dos cultivos de outono-inverno

A análise de variância indicou efeito isolado de cultivo para comprimento de raízes, área superficial de raízes e número de bifurcações, mas não encontrou efeito para diâmetro médio de raízes. Não houve efeito de cultivar (Tabela 7). A análise apresentou efeito isolado de profundidade para todas as variáveis.

TABELA 7. Resumo da análise de variância para comprimento de raiz (CR), área superficial de raiz (AR), diâmetro médio de raiz (DR), número de bifurcações (NB) e massa seca de raiz (MSR), de soja após cultivos de outono-inverno, cultivar e camada de solo, em Dourados-MS, 2016.

	 Quadrado médio				
Fator de variação	GL	CR	AR	DR	NB	MSR
Cultivo	3	18263,7881*	618,2604*	0,1388 ^{ns}	570639,0381*	0,1484*
Cultivar	1	65,0104 ^{ns}	1,7604 ^{ns}	0,0416 ^{ns}	78604,2604 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
Profundidade	3	308461,6215*	6051,2048*	0,8611*	6551526,8437*	1,7789*
Média		108,19	17,94	0,62	419,48	0,18
C.V.%		60,59	62,01	75,25	87,41	56,19

GL = graus de liberdade, *Significativo e ^{ns} não significativo (p>0,05).

As cultivares de soja após *B. ruziziensis* apresentou maior CR em comparação aos demais cultivos. O mesmo acontece com AR, NB e MSR, onde a soja após a *B. ruziziensis* apresentou maior valor. Isso está relacionado com a física do solo, pois nesse mesmo cultivo, houve uma maior PT e menor DS (Tabela 5), o que favoreceu o crescimento do sistema radicular da cultura.

Machado e Favaretto (2006) explicam que a DS é dependente do espaço poroso, e solos com maior porosidade tendem a favorecer o crescimento radicular. O que explica o resultado do experimento, visto que, a *B. ruziziensis* apresentou maior PT e menor DS, favorecendo o crescimento radicular da soja.

As cultivares de soja em sucessão ao milho safrinha e feijão-caupi, apresentou menor CR, AR, NB e MSR, isto pode estar relacionado com a menor Ma e maior Mi (Tabela 5). Para Genro Junior et al. (2009), a menor Ma e a maior DS, é responsável, por impedimentos físicos que são limitantes para o pleno crescimento das raízes, podendo também diminuir a quantidade de água armazenada no solo pela maior Ma.

O consórcio de milho com *B. ruziziensis* apresentou maior Ma, maior PT; menor Mi, e menor DS (Tabela 5). Demonstrando ser um solo poroso, maior inclusive quando em comparação aos outros cultivos de outono-inverno. Mas que não se refletiu em maior desenvolvimento de raízes, como CR, AR, NB e MSR. Sendo estaticamente menor que a *B. ruziziensis* e igual aos cultivos de milho safrinha e feijão-caupi (Tabela 8). Existe certa relação entre porosidade do solo e o crescimento de raízes, onde solos com maior porosidade podem não ser favorável ao crescimento radicular (HATANO et al., 1988).

TABELA 8. Comprimento de raiz (CR), área superficial de raiz (AR), número de bifurcações (NB) e massa seca de raiz (MSR), de soja após cultivos de outono-inverno, em Dourados-MS, 2016.

Cultivos de outono inverno	CR (cm)	AR (cm ²)	NB	MSR (kg cm ³)
Feijão-caupi	98,8 b	15,0 b	368 ab	0,07 b
Milho safrinha	88,2 b	14,6 b	296 b	0,16 ab
<i>B. ruziziensis</i>	149,0 a	25,4 a	645 a	0,31 a
Consórcio milho- <i>B. ruziziensis</i>	96,8 b	16,8 b	368 ab	0,17 ab
Média	108,2	17,9	419	0,18
C.V.%	60,59	62,01	87,41	56,19

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

3. 3. 2 Raízes de soja em função da profundidade

As cultivares de soja apresentam maior desenvolvimento de raízes na camada de 0,0 a 0,10 m, com relação ao CR, AR, NB e MSR, com valores entre 277,9 cm, 41,7 cm², 1.200 e 0,59 kg cm⁻³ respectivamente. Nessa mesma camada a Mi é maior. Porém a DS é maior nas camadas 0,10 m a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m (Tabela 6).

As raízes da soja são influenciadas a realizar modificações, como a emissão de novas raízes com diâmetro mais fino, que conseqüentemente aumenta o NB (CONCEIÇÃO et al., 2005).

Isso explica o maior desenvolvimento de raízes somente na primeira camada, e também o maior NB e MSR, já que nas camadas intermediárias (0,10 a 0,20 m; 0,20 a 0,30 m) diminui a porosidade e aumenta a densidade de solo (Tabela 6).

Souza et al. (2006), explicam que camadas mais adensadas e menos porosas, ocorre um menor teor de umidade, que podem reduzir ou até impedir o crescimento radicular.

O maior crescimento de raiz na camada superficial está ligado a física do solo, mas deve-se considerar que as condições de fertilidade do solo são importantes para um bom desenvolvimento radicular.

Os nutrientes para um melhor crescimento da cultura são o K, P, Ca e Mg. Esses nutrientes estão em maior concentração na camada 0,0 a 0,10 m, decrescendo no perfil (Figura 6, Figura 7, Figura 8 e Figura 9). O que também explicaria a maior desenvolvimento radicular na camada superficial (0,0 a 0,10 m).

No entanto as condições favoráveis na camada de 0,30 a 0,40 m, em relação a maior PT e menor DS, não se refletiu em maior desenvolvimento radicular das cultivares de soja.

Para Queiroz-Voltan et al. (2000), não basta somente uma condição física boa para o maior desenvolvimento radicular, mas também, um perfil químico adequado.

O que explicaria o menor crescimento de raízes na última camada, pois os macronutrientes nessa camada são muito baixos (Figura 6, Figura 7, Figura 8 e Figura 9).

TABELA 9. Comprimento de raiz (CR), área superficial de raiz (AR), diâmetro médio de raiz (DR), número de bifurcações (NB) e massa seca de raiz (MSR) de soja nas camadas do solo após cultivos de outono-inverno, em Dourados-MS, 2016.

Camadas	CR (cm)		AR (cm²)		DR (mm)		NB		MSR (kg cm³)	
00,0 - 0,10 m	277,9	a	41,7	a	0,4	b	1.200	a	0,59	a
0,10 - 0,20 m	58,3	b	10,5	b	0,7	ab	221	b	0,06	b
0,20 - 0,30 m	54,7	b	11,5	b	0,8	a	145	b	0,03	b
0,30 - 0,40 m	41,7	b	8,1	b	0,6	ab	111	b	0,02	b
Média	108,1		17,9		0,6		419		0,18	
C.V.%	60,59		62,01		75,25		87,41		56,19	

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

4. CONCLUSÃO

Os cultivos de outono-inverno, promoveram mudanças na qualidade física e química do solo.

O feijão-caupi promoveu melhorias nos atributos químicos do solo em profundidades.

A *B. ruziziensis* proporcionou maior crescimento de raízes de soja.

O consórcio milho com *B. ruziziensis* promoveu melhorias nos atributos físicos do solo em profundidades.

O milho safrinha promoveu maiores valores de microporosidade e P nas camadas superficiais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 923-934, 2005.

ALVARENGA, R. C.; LARA CABEZAS, W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Belo Horizonte: Plantio Direto, 2001. 25-36 p. (Plantio Direto. Informação Agropecuária, v. 22, n. 208).

AZEVEDO, D. M. P.; SPEHAR, C. R., 2002. **Decomposição da palhada de culturas para plantio no período de safrinha em solos de tabuleiros costeiros**. Teresinha: Embrapa Meio Norte, 2002. 4 p. (Embrapa Meio Norte. Comunicado Técnico, 147).

BIASSANI, C.; MEURER, E. J.; BOHNEN, H. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Genesis, 2008. p. 163-183.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BRUGGEMANN, G. **Estado da arte e divulgação do plantio direto no Brasil**. Revista Plantio Direto. Versão eletrônica, 1 ed. mar./abr. 2011. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1039>. Acesso em: 16 jan. 2016.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Ponta Grossa, v. 27, p.275-286, 2003.

CABEZAS, W. R. L.; ALVES, B. J. R.; CABALLERO, S, S, U.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1005-1013, 2004.

CAETANO, J. O. **Caracterização de atributos químicos e físicos de um neossolo quartzarênico sob diferentes tempos de cultivo com soja e milho**. 2006. 159 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade de Rio Verde, Goiás, 2006.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Selvíria, v. 31, p. 1329-1339, 2007.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Araruna, v. 30, p. 137-147, 2006.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Cerrado: Manejo de *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com milho safrinha e rendimento de soja em sucessão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 113, p. 4-8, 2009.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L. A. Z.; NUNES, D. P.; ALVES, V. B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 204-212, 2013.

CHIODEROLI, C. A. **Consortiação de braquiárias com milho outonal em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão na integração agricultura pecuária**. 2010. 84 f. Dissertação (mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 777-788, 2005.

COSTA, J. A. **Cultura da soja**. 1. ed. Porto Alegre: I. Manica, 1996.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M.; SANTOS, F. G.; PARIZ, C. M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1223-1233, 2014.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. **Árvore do conhecimento “milho”**: AGEITEC: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Versão eletrônica, 1 ed. dez. 2015. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3s932q7k.html>>. Acesso em: 31 dez. 2015.

EMBRAPA. **Guia clima - estação da Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados/MS. Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/clima/?lc=site/banco-dados/construtor-basico>>. Acesso em: 28 dez. 2015.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, p. 112, 1997.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Sistema para análise de variância. Lavras: UFL/DEX, 2000, CD-ROM.

FERREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; BRIEDIS, C.; FIGUEIREDO, A. G. Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia-preta e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 173-179, 2009.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; PARTELLI, F. L.; DIDONET, A. D. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 695-701, 2011.

FIETZ, R. C.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN D. L.; Deficiência hídrica na região de Dourados, MS. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 42., 2013, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEA, 2013. 1 CD-ROM; CONBEA 2013.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; FERREIRA, E. A. B.; RAMOS, M. L. G. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 551-562, 2007.

FURTINI NETO, A.; VALE, F. R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p. (Curso de Pós-Graduação Lato Sensu).

GARAY, I.; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.; FRANCO, A. A.; BARROS, E.; ABBADIE, L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p.705-712, 2003.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Atributos físicos de um Latossolo vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 65-73, 2009.

HATANO, R.; IWANAGA, K.; OKAJIMA, H.; SAKUMA, T. Relationship between the distribution of soil macropores and root elongation. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 34, n. 4, p. 535-546, 1988.

HOLTZ, G. P. **Dinâmica da decomposição da palhada e a distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambeí - PR**. 129 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

JANTALIA, C. P.; VILELA, L.; ALVES, B.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S., 2006. **Influência de pastagens e sistemas de produção de grãos, no estoque de carbono e nitrogênio em um Latossolo Vermelho**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 50 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 11).

KLIEMANN, H. J.; MAGALHÃES, R. T.; OLIVEIRA, I. P.; MORAES, M. F. Relações da produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* com os índices de disponibilidade de nutrientes em solos sob o sistema barreira de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v.33, n. 1, p. 49-56, 2003.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. D. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1131-1140, 2007.

LIMA, C. L. R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. 2004. 70 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

LOPES, A. S., 1999. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma**. São Paulo: ANDA-Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1999. 72p. (ANDA-Associação Nacional para Difusão de Adubos. Boletim Técnico, 8).

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: **ANDA**, p. 115, 2004.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 175-187, 2004.

MACHADO, M. A. M.; FAVARETTO, N. Atributos físicos do solo relacionados ao manejo e conservação dos solos. In: LIMA, M. R. **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. 1. ed. Curitiba: UFPR/ Setor de Ciências Agrárias, 2006. p. 234-254.

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

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, p. 638, 2006.

MAPA-Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Plantio Direto**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plantio-direto>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

MARQUES, E. S.; FAQUIN, V.; GUIMARÃES, P. T. G. Teores foliares de nutrientes no cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em resposta a calcário e gesso. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 140-151, 1999.

MENDONÇA, V. Z. **Consortiação de milho com forrageiras: Produção de silagem e palha para plantio direto de soja**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

OLIVEIRA, J. T.; SANTOS, A. M. S.; MOREAU, A. M.; MENEZES, A. A.; COSTA, O. V. Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2821-2829, 2008.

PAVANI, M. A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v. 16, n. 1, p. 86-91, 1994.

PEREIRA, F. S.; ANDRIOLI, I.; PEREIRA, F. S.; OLIVEIRA, P. R.; CENTURION, J. F.; FALQUETO, R. J.; MARTINS, A. L. S. Qualidade física de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de manejo avaliados pelo índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 87-95, 2011.

PEREZ, A. A. G.; SORATTO, R. P.; MANZATTO, N. P.; SOUZA, E. F. C. Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Botucatu, v. 37, p. 1276-1287, 2013.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; NOGUEIRA, S. S. S.; MIRANDA, M. A. C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 929-938, 2000.

RAIJ, V. B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: **Potafós**, p. 343, 1991.

RAIJ, V. B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: **Instituto Agrônomo e Fundação IAC**, (Boletim técnico, 100), 2 ed., p.285, 1996.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.27, p. 29-48, 2003.

REICHMANN NETO, F.; SANTOS FILHO, A. Desenvolvimento de solos em “áreas de empréstimo”, resultante do plantio de Gramíneas e Bracatinga. In: Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 1., 1982, Campos de Jordão. **Anais...** Campos de Jordão, Silvicultura em São Paulo, 1982. p. 1896-1899.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de ciências do solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, 2008.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVARES, V. H. V. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: **UFV-Universidade de Viçosa**, p.359, 1999.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Castro: **Fundação ABC**, p. 96, 1993.

SANTOS, F. C.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; SEDIYAMA, C. S. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 661-1674, 2008.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um latossolo vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 115-122, 2008.

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

SEGUY, L.; BOUZINAC, S. O., 1995. **Semeadura direta no Cerrado úmido**. Piracicaba, Informações agronômicas, 1995. 3p. (Informações agronômicas. Boletim Técnico, 69).

SEREIA, R. C. **Atributos físicos e químicos do solo sob cultivos de outono-inverno em sistema de semeadura direta**. 2014. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: **Embrapa Informações tecnológicas**. 2. ed. p. 627, 2009.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 855-860, 2002.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 1. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002, p. 81-96.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M.C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes uso e manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2003.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre, **Artmed**, 3. ed. 2004.

VELOSO, C. A. C.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T.; CARVALHO, E. J. M. Alumínio e a absorção de cálcio por mudas de pimenta do reino. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 141-145, 2000.

VENZKE FILHO, S.; FEIGL, B.; PICCOLO, M.; FANTE JUNIOR, L.; NETO, M.; CERRI, C. Root systems and microbial biomass under no-tillage system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, (Brazil), v. 61, n. 5, p. 529-537, 2004.

WINRHIZO. **Análise de raízes**. Disponível em: <http://regent.qc.ca/assets/winrhizo_about.html> Acesso em: 13 set. 2016.

6. APÊNDICES



APÊNDICE 1. Cultivo de soja em sucessão ao feijão-caupi, 26/10/2015. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 2. Cultivo de soja em sucessão ao milho safrinha, 26/10/2015. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 3. Cultivo de soja em sucessão a *B. ruziziensis*, 26/10/2015. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 4. Cultivo de soja em sucessão ao consórcio milho com braquiária 26/10/2015. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 5. Colheita mecanizada da soja após a maturação fisiológica, 01/02/2016. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 6. Trincheira de 0,10-0,20 m, com anéis de física e raiz na entre linha da soja, 24/11/2014. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 7. Anéis para física do solo, 23/11/2014. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 8. Raspagem na lateral da trincheira (0,00-0,10 m) para química do solo, 24/11/2014. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 9. Resíduos vegetais do cultivo milho safrinha, 17/06/2015. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 10. Resíduos vegetais do cultivo consórcio milho com braquiária, 17/06/2015. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 11. Resíduos vegetais do cultivo *B. ruziziensis*, 17/06/2015. Foto: arquivo pessoal.



APÊNDICE 12. Resíduos vegetais do cultivo feijão-caupi, 17/06/2015. Foto: arquivo pessoal.