

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NO CONSÓRCIO DE MILHO
COM FORRAGEIRA E A PRODUÇÃO SOJA
EM SUCESSÃO**

WANDER CARDOSO VALIM

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NO CONSÓRCIO DE MILHO
COM FORRAGEIRA E A PRODUÇÃO SOJA
EM SUCESSÃO**

WANDER CARDOSO VALIM
Engenheiro Agrônomo, Mestre em Produção Vegetal

Orientador: PROF. DR. LUIZ CARLOS FERREIRA DE SOUZA

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

**Dourados
Mato Grosso do Sul
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

V172a	<p>Valim, Wander Cardoso.</p> <p>Atributos físicos do solo no consórcio de milho com forrageira e a produção de soja em sucessão. / Wander Cardoso Valim. – Dourados, MS: UFGD, 2019.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza.</p> <p>Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Consórcio. 2. Estruturação do solo. 3. Produtividade de grãos. I. Título.</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

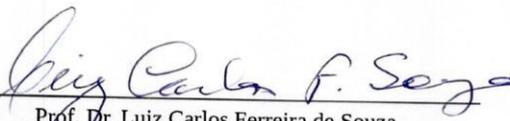
©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

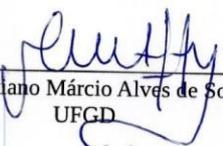
"Atributos físicos do solo no consórcio de milho com forrageira e a produção de soja em sucessão"

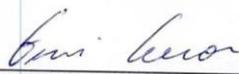
por

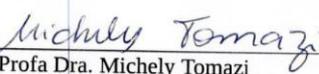
WANDER CARDOSO VALIM

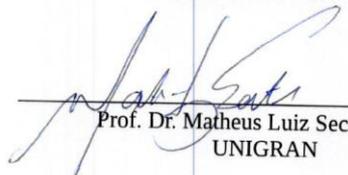
Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM AGRONOMIA


Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
UFGD


Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza
UFGD


Prof. Dr. Gessi Ceccon
UFGD


Profa Dra. Michely Tomazi
EMBRAPA - CPAO


Prof. Dr. Matheus Luiz Secretti
UNIGRAN

DEDICATÓRIA

Primeiramente, aos meus pais, Getulio Valim dos Reis e Iracy Cardoso Valim, pela luta incansável em proporcionar o melhor da vida, à vida e pelo amor incondicional. Ao meu irmão, Wagner Valim Cardoso, pelo carinho, companheirismo e por sempre me ajudar quando necessitei. À minha esposa Sonia Armbrust Rodrigues, pela luta, apoio e confiança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por tantas realizações e, além de tudo, por conferir boa saúde, paz, sabedoria.

À Universidade Federal da Grande Dourados e a Faculdade de Ciências Agrárias (UFGD-FCA), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela confiança e disponibilidade de realização do curso.

Ao meu orientador Professor Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza, pela incansável dedicação, incentivos, compreensão, amizade e por ser, para mim, um espelho de pessoa e profissional que irei levar para o resto da vida.

Aos professores, Munir Mauad, Elisangela Dupas, Lilian Bacchi, Antônio Carlos Tadeu Vitorino, Jorge Wilson Cortez pela amizade, convívio, auxílio e apoio quando necessitei. Os funcionários e ex. funcionários da Fazenda Experimental da UFGD (FAECA), Sr. Jesus, Alfredo Lutz, “Nenê”, “Seler”, Sebastião, Clodoaldo, Claudio e dentre outros que auxiliaram durante o estudo.

Os amigos de que fiz durante o curso, em especial a Jucimar Ferreira Neves, Carlos Reinier Garcia Cardoso, Heráclito Lazari Meurer, Daniela Barros, Oscar Batista de Araújo, Natanael Borges Soares, Izaías Rodrigues, Maurício Kintschev, Gabriel Piaty.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro através da bolsa de estudo concedida.

As empresas Syngenta, Jotabasso, Germipasto, Simbiose e Fertipol que contribuíram com doação de insumos utilizados nesta pesquisa.

A todos que, de uma forma, fizeram parte desta etapa da minha vida e, contribuíram para a realização deste estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Sistemas utilizados para produção de grãos e pastagens.....	12
2.2 Formação de palha por meio do consórcio milho-forrageira.....	13
2.3 Efeito do desenvolvimento radicular no processo de estruturação do solo	16
2.4 Carbono orgânico total em sistemas de produção agrícola.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Local do experimento, descrição do clima e solo	22
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	24
3.3 Semeadura milho e forrageiras	25
3.4 Determinação da produção de palha de milho e forrageiras sobre o solo	27
3.5 Atributos físicos do solo em sistemas agrícolas	28
3.6 Avaliações fitotécnicas da cultura da soja.....	29
3.7 Análise estatística.....	30
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	31
4.1 Produtividade de palha de milho, forrageiras solteiras e consorciadas.....	31
4.2 Atributos do solo em sistemas integrados de produção	33
4.3 Componentes de produção e produtividade da soja.....	40
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Caracterização química do solo da área experimental amostrado na camada de 0-20 cm em Dourados-MS.	25
QUADRO 2. Tratamentos casualizados nas parcelas experimentais.	24
QUADRO 3. Resultados da análise das sementes para massa de 1000 sementes em gramas (M1000); número de semente por grama, (sementes g^{-1}); número de sementes puras viáveis (SPV) por m^2 e sementes puras viáveis (SPV) em $kg\ ha^{-1}$	26
Quadro 4. Produção média de palha de milho solteiro, forrageiras solteiras e consorciadas com milho, no período outono-inverno dos anos de 2017 e 2018.	31
Quadro 5. Médias de densidade do solo (DS), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e porosidade total (PT) em Latossolo Vermelho distroférico em Dourados – MS (2016).	34
Quadro 6. Resistência a penetração do solo em Dourados – MS (2016).	36
Quadro 7. Diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) em Latossolo Vermelho em Dourados – MS (2016).	37
Quadro 8. Determinação dos valores de diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) entre os métodos de cultivos em Dourados – MS (2016).	39
Quadro 9. Determinação da matéria orgânica do solo (MOS) nos tratamentos milho e forrageiras solteiras e consorciadas.	40
Quadro 10. Características de número de vagens por planta e massa 1000 grãos, cultivado sobre palhas de milho e forrageiras solteiras e milho consorciado, médias das safras 2016/2017 e 2017/2018.	41
QUADRO 11. Produtividade de soja (<i>Glycine max</i>) sob palha de milho solteiro, forrageiras solteiras e consorciadas com milho.	43
QUADRO 12. Produtividade média de soja (<i>Glycine max</i>) em sucessão ao cultivo de milho solteiro, forrageiras solteiras e consorciadas com milho.	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Dados mensais de precipitação pluvial, temperatura máxima (C°) (Tmax) e temperatura mínima (C°) (Tmin).....	22
---	----

VALIM, Wander Cardoso. **Atributos físicos do solo no consórcio de milho com forrageira e a produção soja em sucessão.** f 57. Tese (doutorado em agronomia, produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, 2019.

RESUMO

Os principais empecilhos do sistema de produção em áreas do Cerrado são relacionados as monoculturas, pouca cobertura do solo com resíduos vegetais e a ocorrência de veranicos. Nessas regiões devido à presença de temperatura elevadas e altas precipitações em determinados períodos do ano, associado à atividade biológica, acelera o processo de decomposição da palha, permitindo que grande parte do solo fique descoberto. Por outro lado, sistemas de consórcio que promovem aumento da quantidade de palha sobre o solo causam melhorias no processo de estruturação do solo devido aumento da matéria orgânica do solo e atividade biológica, redução da compactação do solo, aumento da infiltração de água e da ciclagem de nutrientes, dentre outros. Neste contexto, planejou se avaliar o efeito do consórcio de milho de 2ª safra com espécies de forrageiras, sobre a qualidade de um Latossolo Vermelho distroférrico na produtividade de soja em sucessão. O experimento foi implantado no ano 2014 e cultivado até os dias atuais. As avaliações foram realizadas entre os anos de 2016 a 2018 no município de Dourados, MS, na Fazenda experimental da UFGD. Foram utilizados 11 tratamentos, sendo eles: milho solteiro; *Urochloa brizantha* cv. Marandu solteiro; milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu; *Panicum maximum* cv. Mombaça solteiro; milho consorciado com *Panicum maximum* cv. Mombaça; *U. brizantha* cv. BRS Piatã solteiro; milho consorciado com *U. brizantha* cv. BRS Piatã; *U. ruziziensis* cv. Ruzizienses solteiro; milho consorciado com *U. ruziziensis* cv. Ruzizienses; *U. brizantha* cv. Xaraés solteiro; milho consorciado com *U. brizantha* cv. Xaraés. Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m e foram avaliados: densidade do solo, porosidade total, microporosidade, macroporosidade, resistência à penetração com penetrógrafo, matéria orgânica e estabilidade de agregados. As determinações da soja foram: número de vagens por planta, massa mil grãos e produtividade dos grãos. Os manejos utilizados promoveram aumento da resistência penetração e densidade do solo, mas não restringiu o desenvolvimento e a produtividade da cultura da soja. A diversidade de espécies de plantas promoveu maior estabilidade de agregados, melhorando a estruturação do solo. Os sistemas de cultivo com forrageiras solteiras e consorciadas apresentam as maiores produtividades de soja.

Palavras-chave: Consórcio; Estruturação do solo; Produtividade de grãos.

VALIM, Wander Cardoso. **Soil physical attributes in forage maize intercropping and soybean production in succession.** 2019. p. 57. Thesis (PhD in Agronomy- Plant production). Faculty of Agricultural Sciences (FCA), Federal University of Grande Dourados, Dourados-MS, 2019.

ABSTRACT

The main obstacles of the production system in Cerrado areas are related to monocultures, few soil cover with vegetal residues and the occurrence of summer. In these regions due to the presence of high temperatures and high rainfall at certain times of the year, associated with biological activity, accelerates the process of decomposition of the straw, allowing much of the soil to be uncovered. On the other hand, intercropping systems that increase the amount of mulch on the soil cause improvements in the soil structuring process due to increased soil organic matter and biological activity, reduced soil compaction, increased water infiltration and cycling. of nutrients, among others. In this context, it was planned to evaluate the effect of intercropping maize with forage species on the quality of a dystroferric Red Latosol on soybean yield in succession. The experiment was implemented in 2014 and cultivated to the present day. The evaluations were carried out between 2016 and 2018 in the city of Dourados, MS, at the UFGD experimental farm. Eleven treatments were used: single corn; *Urochloa brizantha* cv. Single Marandu; corn intercropped with *U. brizantha* cv. Marandu; *Panicum maximum* cv. Single mombasa; corn intercropped with *Panicum maximum* cv. Mombasa; *U. brizantha* cv. BRS Single Piatan; corn intercropped with *U. brizantha* cv. BRS Piatã; *U. ruziziensis* cv. Ruzizienses single; corn intercropped with *U. ruziziensis* cv. Ruzizienses; *U. brizantha* cv. Single shawls; corn intercropped with *U. brizantha* cv. Xaraés. Soil samples were collected at depths of 0.00-0.10 and 0.10-0.20 m and were evaluated: soil density, total porosity, microporosity, macroporosity, penetration resistance, organic matter and aggregate stability. The soybean determinations were: number of pods per plant, mass one thousand grains and grain yield. The managements promoted increased penetration resistance and soil density, but did not restrict soybean crop development and yield. The diversity of plant species promoted greater aggregate stability, improving soil structure. Single and intercropping forage cultivation systems have the highest soybean yields.

Keywords: Consortium; Soil structure; Grain yield.

1. INTRODUÇÃO

Na região do Cerrado o processo de exploração agrícola iniciou nas décadas de 60 e 70, com o desmatamento e a retirada da cobertura vegetal, tornando o solo exposto à ação direta do clima, quando submetido à intensa atividade de cultivo por meio da mobilização do solo que causa impacto sobre os processos físicos, químicos e biológicos, modificando sua qualidade (PORTUGAL et al., 2012). Com o objetivo de reduzir os processos erosivos do solo, na década de 90, houve grande expansão do Sistema Plantio Direto (SPD), sistema baseado em não revolvimento do solo, utilização de plantas de cobertura para proteger o solo associado ao processo de rotação de culturas. Para assim, garantir o manejo correto do solo e a sustentabilidade dos ecossistemas, resultando em maior infiltração da água e melhor qualidade física do solo, com reflexos diretos na sua agregação, e nos processos erosivos (SALTON et al., 2008; BERTOL et al., 2001).

Porém, os fundamentos básicos para o estabelecimento do sistema plantio direto não foram adotados e observa-se na maioria das regiões produtoras de grãos do país a semeadura da soja de verão e do milho de 2^a safra, caracterizando duas monoculturas. Ausência de sistema de rotação e consórcio de culturas contribui para o surgimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas, doenças, nematoides e frequentemente, presença de compactação de solo (BORTOLETI et al., 2015).

A inserção do consórcio milho-forrageiras possibilitou aumento da cobertura do solo e da palhada bem como, a melhorias na qualidade e produtividade do sistema de produção. Também é uma alternativa para a formação, recuperação e reforma de pastagens com maior aproveitamento dos insumos utilizados na produção de grãos (SILVA et al., 2015).

A integração lavoura pecuária e o consorcio milho com forrageiras promove melhoria das condições físico-hídricas do solo pela maior quantidade de matéria seca e raízes inseridas, favorecendo a infiltração e retenção de água, maior aproveitamento do perfil do solo e reprimindo os processos erosivos. Desta forma, esta prática interfere diretamente na estrutura do solo, alterando os valores da porosidade total e densidade do solo, modifica a retenção de água e a resistência mecânica do solo à penetração dos solos (CHIODEROLI et al., 2012).

Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito do consórcio de milho de 2ª safra com espécies de forrageiras, sobre a qualidade de um Latossolo Vermelho distroférico na produtividade de soja em sucessão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas utilizados para produção de grãos e pastagens

Nas áreas da região do cerrado o processo de exploração agrícola iniciou entre as décadas de 50 e 60, com desmatamento e a retirada da cobertura vegetal, tornando o solo vulnerável à ação direta do clima, submetendo à intensa atividade de cultivo por meio da mobilização, causando severos impactos sobre os processos físicos, químicos e biológicos, modificando sua qualidade (PORTUGAL et al., 2012).

Objetivando otimizar o manejo do solo foram implementadas tecnologias de cultivo a fim de reduzir o processo de degradação do solo, como sistema plantio direto (SPD), preparo mínimo do solo e os sistemas de integração lavoura pecuária (ILP) (LOSS, et al., 2011). Esses sistemas tem o intuito de promover a mínima mobilização do solo, utilização de plantas de cobertura do solo, objetivando garantir o manejo correto do solo e a sustentabilidade dos ecossistemas (SALTON et al., 2008; BERTOL et al., 2001).

Dentre as premissas do SPD, a utilização de diferentes espécies de plantas para aumento da cobertura do solo possui grande importância para o sistema, pois promove melhorias diretas e indiretas nas propriedades do solo, como aumento da umidade, ciclagem dos nutrientes e retenção carbono orgânico (SANTOS et al., 2005).

Vários estudos têm demonstrado os benefícios de sistemas de produção agrícolas por meio de consórcios e rotação de culturas, principalmente com gramíneas como milho, *Urochloa*, *Panicum*, dentre outros. Com esses benefícios, vários sistemas de produção foram desenvolvidos a fim de aprimorar o método de produção agrícola: Sistemas Barreirão, Santa Fé, Santa Brígida, São Mateus.

O Sistema Barreirão foi desenvolvido no ano 1991 por Oliveira et al. (1996) visando a recuperação ou renovação de pastagens em consórcio com culturas anuais, como o arroz sequeiro, além disso proporciona a expansão das potencialidades da área para o cultivo do arroz sequeiro. Sendo que outras culturas foram inseridas no sistema com propósito de suprir as necessidades da propriedade e contribuir para diversificação da atividade rural. Com intuito de produzir forragem para a entressafra, palha em quantidade e qualidade para o SPD foi desenvolvido o Sistema Santa Fé em 2001.

O sistema se baseia na produção consorciada de culturas de grãos, como milho e soja com forrageiras tropicais, principalmente do gênero *Urochloa*, tanto no sistema de plantio direto como convencional, em áreas de lavoura com solo devidamente corrigido. Este sistema apresenta grande vantagem por não alterar o cronograma de atividades da propriedade e não exige aquisição de equipamentos específicos para implantação (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

No Sistema Santa Brígida tem por propósito inserir culturas de adubação verde, especificamente guandu-anão (*Cajanus cajan*) ou crotalária (*Crotalaria spectabilis*) em sistema de produção consorciados com forrageiras e milho, a fim de permitir um aumento do aporte de nitrogênio no solo, através fixação biológica do nitrogênio realizado por meio das leguminosas (OLIVEIRA et al., 2010).

Mais recente, foi proposto o Sistema São Mateus que tem propósito de promover a renovação de pastagens degradadas em áreas de solos arenosos, com a inserção de culturas anuais como soja e milho (SALTON et al., 2013).

O sucesso dos sistemas de produção como Integração Lavoura pecuária (ILPs) se deve pelas melhorias nas condições químicas, físicas e biológicas do solo, devido a diversificação dos sistemas com a introdução de rotação e consórcios de culturas anuais com forrageiras (MENDONÇA et al., 2013). Estes sistemas além de apresentar plantas com diferentes relações C/N contribuem para alterações das taxas de decomposição da matéria orgânica. Tendo em vista que os resíduos vegetais são indispensáveis para os sistemas produtivos, que visam proporcionar inúmeros benefícios ao sistema solo-planta, sendo essenciais na agricultura de baixo carbono (COSTA et al., 2015).

2.2 Formação de palha por meio do consórcio milho-forrageira

A inserção do consórcio milho-forrageiras objetivando aumento de palhada sobre o solo e da matéria seca proporcionou também, melhorias na qualidade e produtividade do sistema de produção, sendo uma alternativa para a formação, recuperação e reforma de pastagens, cobertura do solo em sistema plantio direto (SPD), controle de plantas daninhas com maior aproveitamento dos insumos (SILVA et al., 2015).

Os sistemas consorciados são mais eficientes em regiões com restrição hídrica e inverno seco, como Cerrado brasileiro, em relação à sistema de cultivo

solteiro, pois o aumento da quantidade palha propicia benefícios, na redução das flutuações de temperatura, para qualidade física e da erosão pelo impacto das gotas de chuva que promovem o escoamento superficial (CABEZAS, 2011; CECCON et al., 2009).

A melhoria da qualidade física do solo proporcionado pela inclusão de pastagens no consórcio de culturas anuais é devido à combinação de três fatores: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem, presença de sistema radicular denso atuando como agente agregante e o aumento da atividade da biológica do solo (MARCHÃO, 2009).

As características destacadas foram relevantes para o avanço do SPD e da integração lavoura-pecuária em áreas do cerrado, pois a consorciação do milho safrinha e forrageiras surgiu como uma alternativa viável de cultivo na região Centro-Oeste, apresentando alguns benefícios: a otimização da área de cultivo, o aumento de produtividade das culturas e a melhoria das condições físico-hídricas do solo (SANTOS et al., 2014).

As condições físico-hídricas do solo se devem pela maior quantidade de matéria seca e raízes inseridas pelo consórcio, favorecendo a infiltração e retenção de água, maior aproveitamento do perfil do solo e reprimindo os processos erosivos. Desta forma, esta prática interfere diretamente na estrutura do solo, alterando os valores da porosidade total, densidade do solo e resistência à penetração dos solos (CHIODEROLI et al., 2012).

Um dos principais fatores que afetam o sistema é o período em que o solo permanece sem palha, pois devido fatores como variações do clima, microfauna e taxa de relação C/N entre as espécies de forrageiras, afetam a taxa de decomposição, reduzindo período que o solo permanece coberto com material vegetal (JAKELAITIS et al., 2004).

Pacheco et al. (2011) que avaliaram a relação C/N das forrageiras *U. ruziziensis*, *U. brizantha* e *P. glaucum* em diferentes estágios fenológicos, apresentaram valores da relação C/N 34, 49 e 61, respectivamente, no período de 200 dias após semeadura. Entre as espécies estudadas de *Urochloa*, a *U. brizantha* apresentou maior relação C/N, em virtude da menor capacidade de rebrota e da elevada presença de colmos em processo de senescência.

Para diminuir o efeito da taxa de decomposição em área do cerrado e manutenção da palha do sistema de plantio direto e do ILP, devem ser adotados

sistemas de produção que produzam em média 6,0 Mg ha⁻¹ ano ou mais de palha (ALVARENGA et al., 2006). Pois abaixo disso, devido o processo decomposição da palha o solo pode ficar exposto à ação do clima e alterar as propriedades físicas e químicas do solo, promovendo mudanças principalmente nos processos de agregação do solo, o que pode resultar em aumento da macroporosidade do solo e capacidade de infiltração (SEIDEL et al., 2014).

Timossi et al. (2007) estudaram métodos de formação de cobertura vegetal proporcionadas pelas *Urochloas* (*U. decumbens* e *U. brizantha*) e obtiveram valores de palhada acima de 11 Mg ha⁻¹ na época do manejo químico, resultados foram aproximadamente 2 vezes acima do necessário, conforme Alvarenga et al. (2006).

A utilização de técnicas que permitem aumento da quantidade de palha como a semeadura em espaçamentos reduzidos entre as linhas de milho em sistemas de consórcios de plantas (CRUZ, 2011). Pois, o aumento do estande de plantas é um dos fatores que determinam a formação da cobertura morta na superfície do solo, influenciando diretamente a implantação da cultura de verão e as culturas em sucessão (CECCON, 2007).

Em avaliação de consórcios milho com *Urochloa ruziziensis* em dois espaçamentos 0,45 e 0,90 m com semeadura na linha e entrelinha, no estado do Mato Grosso, Brambilla et al. (2009) observaram que entre os métodos de semeadura o consórcio milho em espaçamento 0,90 m tanto na linha e entrelinha proporcionaram maior produtividade de palha, favorecendo a cobertura do solo e tornando se uma alternativa para produção de palhada nessa região.

O uso de plantas e técnicas que produzam grandes quantidades de palha é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade e produtividade das culturas nos diversos métodos de produção agrícola. Nesses sistemas podem ser restituídos grandes quantidades de nutrientes aos cultivos devido decomposição de cobertura vegetal, uma vez que essas plantas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial pelo processo de decomposição.

De acordo com Pariz et al. (2011b) estudando o processo de ciclagem de nutrientes de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Urochloa ruziziensis*, concluíram que são boas alternativas como cobertura do solo por apresentarem elevada produtividade de palha quando consorciado com milho sob SPD apresentando maior acúmulo de N e K após a decomposição. A liberação de K nesses sistemas de consórcio pode chegar a 150

kg ha⁻¹, podendo chegar a 100% de liberação a 90 dias após a semeadura da soja em sucessão.

O sucesso desses sistemas no cerrado brasileiro se deve ao fato que a palhada introduzida no sistema proporciona um ambiente favorável à recuperação ou manutenção das propriedades do solo. Além disso, decorre o aumento da matéria orgânica no solo, proporcionando melhoria na agregação, com reflexos positivos nos processos físicos e hídricos do solo (CHIODEROLI et al., 2012).

2.3 Efeito do desenvolvimento radicular no processo de estruturação do solo

Em sistemas de produção integrados como ILPs, devido à introdução de culturas anuais com forrageiras, beneficiam o desenvolvimento radicular de culturas sucessoras, pois o sistema radicular das *Urochloa* é bastante eficiente em promover estruturação adequada do solo devido apresentar sistema radicular volumoso, a chamada “cabeleira de raízes” (SALTON e TOMAZI, 2014). Entretanto, a pastagem necessita de manejo adequado, com pastejo/corte, para emitir novos perfilhos promovendo a formação de novas raízes, intensificando as melhorias na estruturação do solo (SANTOS et al., 2017).

Segundo Souza (2008) em sistemas integrados de produção o desenvolvimento radicular e o aporte de resíduos vegetais são influenciados de acordo com manejo, com e sem o pastejo animal, tanto na superfície quanto nas camadas do solo, pois o desenvolvimento radicular é influenciado pela altura de pastejo intensificando maior perfilhamento e maior desenvolvimento radicular. Conforme detalhado no presente estudo, onde na camada de 0 a 10 cm foram observadas produções de 1,4; 1,3; 1,2; 1,0 e 0,7 Mg por hectare de raízes, conforme altura de pastejo de 10, 20, 30, 40 cm e sem pastejo, respectivamente.

Salton e Tomazi (2014) avaliaram o desenvolvimento radicular de *Urochloa* consorciado com milho e milho solteiro (outono/inverno) com soja em sucessão (verão), verificou que o sistema radicular das forrageiras contribui de forma marcante para o crescimento das raízes das plantas subseqüentes, como a soja, em sistema de plantio direto, beneficiando a estruturação do solo e a absorção de nutrientes.

Esse desenvolvimento radicular é o principal agente agregador de partículas em solos de regiões tropicais, tanto pela liberação de exsudados como fundindo a pequenos torrões e, conseqüentemente, formando estruturas maiores. O cultivo de

plantas com abundante sistema radicular como as forrageiras, contribui para a formação e estabilidade de agregados maiores que 2 mm, proporcionando significativas melhorias na qualidade do solo, especialmente nos aspectos relacionados à estrutura e no acúmulo de matéria orgânica no solo (MENDONÇA et al., 2013).

Nos sistemas ILPs, as pastagens têm grande capacidade de manter ou até mesmo aumentar o teor de matéria orgânica do solo, sendo favorecidas pela grande quantidade de resíduos orgânico e pelo sistema radicular extenso em constante processo de renovação (VILELA et al., 2003).

Santos et al. (2009) avaliaram o efeito sistemas integrado de produção lavoura-pecuária no processo de estruturação do solo durante os anos 1995 a 2003 no estado do Rio grande do Sul, verificaram que houve aumento do teor de matéria orgânica em todas as camadas de solo, comparando todo ciclo do estudo. Os autores atribuem esses resultados a quantidade de resíduos vegetais e a maior concentração de raízes, principalmente na camada superficial do solo.

Vale ressaltar que em algumas gramíneas como o *Panicum maximum* e *Urochloa* apresenta aproximadamente 60% do sistema radicular na camada de 0-10 cm e cerca de 25% na camada de 10-20 cm de profundidade do solo, as demais, sofre relativa influência dos teores de nutrientes no solo (SARMENTO et al., 2008).

Visto que o pequeno volume de solo e a má distribuição do sistema radicular ao longo do perfil do solo torna a planta mais susceptível a déficits hídricos, prejudicando sua sustentação e restringindo a exploração de nutrientes a um pequeno volume de solo (SINGH, 1999).

Em diferentes regiões do mundo, existe um consenso sobre os benefícios da utilização de sistemas produção como ILPs com utilização de pastagens, gramíneas e/ou leguminosas em áreas de SPD a fim de promover maior cobertura vegetal, desenvolvimento radicular e possibilitando melhorias na estrutura do solo (GARCÍA-PRÉCHAC et al., 2004).

De acordo com Oades (1984) a estrutura do solo adequada às plantas é aquela que propicia a existência de poros para o armazenamento de água disponível às plantas, para infiltração e aeração, e não apresente resistência ao crescimento das raízes.

Neste sentido, sistemas integrados de produção propicia redução da densidade do solo e resistência à penetração devido aumento da área explorada pelas raízes de gramíneas e leguminosas, onde possuem sistemas radiculares com diferentes comprimentos e diâmetros, que após a decomposição da massa radicular, contribuem

para formação de galerias, conferindo ao solo maior macroporosidade e, conseqüentemente, menor compactação do solo (MENDONÇA et al., 2013).

Em áreas onde se aplica o monocultivo de espécies ocorre restrição no desenvolvimento das culturas, devido baixa concentração radicular causando elevação da densidade do solo. De acordo com Stone e Silveira (2001) a densidade do solo influencia em diversos atributos do solo que regulam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, alterando fortemente o aumento da resistência à penetração do solo.

A resistência a penetração do solo é um dos fatores que limitam o desenvolvimento das culturas, devido dificultar o crescimento das raízes que afetam a absorção de água e nutrientes e aeração do solo (CAMARGO e ALLEONI, 1997).

A densidade do solo apresenta relação positiva no processo de redução da porosidade e no aumento da resistência penetração do solo. Contudo, a porosidade é afetada diretamente pelo sistema de manejo do solo adotado, alterando a estrutura, o arranjo e o volume dos poros. Devido a isto, torna se importante a introdução de sistemas de manejo conservacionistas que causa melhoria na estruturação do solo e no desenvolvimento radicular de espécies de plantas (MENDONÇA et al., 2013).

Dentre os manejos conservacionistas o principal é o SPD, pois a formação de palha para cobertura do solo é fundamental para a proteção, estruturação e redução da erosão do solo. Com inclusão de pastagens em consórcio com culturas agrícolas favorece o aumento e a manutenção da porosidade do solo, através do sistema radicular agressivo destas espécies, que irão formar galerias e aumentam a quantidade de poros do solo (MARCHÃO, 2009).

Esses benefícios se tornam importantes nas culturas sucessoras, conforme descrito por Chioderoli et al. (2012) avaliaram em consórcio com o milho, três espécies de gramíneas (*Urochloa decumbens*, *U. brizantha* e *U. ruzizienses*), e três modalidades de semeadura da forrageira, com semeadura na linha misturada com o adubo, na entrelinha na mesma época de semeadura do milho e na entrelinha quando as plantas de milho estavam no estágio V4. Os resultados demonstraram que após sucessão de soja, os consórcios proporcionaram aumento na macroporosidade e porosidade total do solo nas camadas de 0,0-0,10 e 0,20-0,30 m.

Uma das formas de quantificar o processo de agregação do solo é por meio da análise de estabilidade de agregados do solo sendo realizada pela distribuição de agregados por tamanho. Desta forma, os agregados podem ser determinados por meio

do diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG). O DMP é caracterizado como sendo quanto maior a porcentagem de agregados retidos nas peneiras com malhas maiores, o DMG representado pela estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência (BILIBIO et al., 2010; HICKMANN et al., 2011).

Em estudo de avaliação da estrutura do solo na cultura do sorgo em sistema de plantio direto, Sales et al. (2016) verificaram que na camada de 0,05-0,10 m, apresentou maior DMP e DMG, sendo semelhante à agregação do solo na mata nativa. Esta resposta se deve ao fato das gramíneas possuírem maior efeito agregante, maior agressividade de desenvolvimento e massa em seu sistema radicular.

Esse aporte de raiz beneficia principalmente a quantidade de matéria orgânica presente no solo, atuando como agente cimentante no processo de formação e na estabilidade dos agregados do solo, servindo também como fonte de alimento para os microrganismos do solo (RIBON et al., 2014). Calegari et al. (2006), trabalharam com solo em sistemas ILPs e plantio direto, verificaram que nesses sistemas apresentaram maior recuperação do carbono orgânico no solo devido aumento da cobertura vegetal, desenvolvimento radicular e imobilização do solo promovendo melhoria no estado de agregação do solo.

2.4 Carbono orgânico total em sistemas de produção agrícola

O processo de desmatamento da mata nativa para o uso e o manejo do solo em sistemas agrícolas esta atuando de maneira desenfreada na liberação de carbono do solo, acelerando o processo de aquecimento global. Esses fatores estão sendo causados devido à produção de resíduos, das espécies vegetais cultivadas, da adubação, dos procedimentos de colheita e dos métodos de preparo do solo (LAL e BRUCE, 1999).

A retirada da vegetação nativa a fim de promover o uso agrícola contribui para a redução dos estoques de carbono orgânico total no solo em 20% na camada de 0-30 cm, acarretando liberação de $17,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ em um período de até 30 anos (ISERNHAGEN et al., 2017). Isso ocorre devido à redução no aporte de material vegetal e raízes que estavam inseridos de forma natural pela mata, não ocorrendo em área de uso agrícola que são exportados parte da massa seca e os grãos.

Em regiões tropicais as altas temperaturas e precipitações, associado aos ambientes com grandes quantidades de cobertura vegetal proporcionam condições para intensa atividade microbiana, causando rápida decomposição dos materiais orgânicos do solo (MIELNICZUK et al., 2003). A decomposição da matéria orgânica do solo beneficia as características físicas do solo, mas o uso de implementos agrícolas causa o rompimento de macroagregados, contribuindo para liberação e aumento das taxas de emissão de CO₂ na atmosfera (ZINN et al., 2005).

Em áreas de cultivo convencional a liberação de CO₂ é acelerada com preparo do solo por meio da aração e gradagens, que pode resultar na emissão de até 81,3 g CO₂ m² que são exalados para a atmosfera num período de 5 h. O problema pode ser agravado, pois esse tipo cultivo é realizado no mínimo duas vezes ao ano, acelerando o processo de liberação do CO₂ (PEREIRA et al., 2013).

As perdas de carbono orgânico do solo são muito mais intensas em climas tropicais e subtropicais, e estas perdas variam entre 5 a 10 vezes mais, em comparação a solos de climas temperados (LAL e LOGAN, 1995).

Mas com adoção do sistema plantio direto com menor revolvimento do solo e maior preservação dos resíduos vegetais em superfície, permitindo a redução da erosão e favorecendo o sequestro de carbono no solo quando manejado corretamente. O sequestro de carbono no solo significa transformar o carbono presente na atmosfera em carbono estocado no solo, compondo a matéria orgânica (MACHADO, 2005).

Machado (2005) descreve a importância do sistema plantio direto no sequestro de carbono principalmente nas camadas superficiais do solo (0-20 cm), que o sistema promove a captura entre 5,2 a 8,5 t C ha⁻¹, sendo superior ao cultivo convencional.

Em sistemas integrados de produção o uso de diferentes espécies de plantas de cobertura com elevada adição de resíduos ao solo, auxiliam na manutenção da matéria orgânica do solo. Nesses sistemas apresentam elevada relação C/N, que auxiliam no acúmulo de matéria orgânica do solo resultando em menor velocidade de decomposição, mantendo os resíduos vegetais sobre o solo por maior tempo (CERETTA et al., 2002).

A inserção de diversas espécies causa aumento da diversidade vegetal no ambiente de produção agrícola, onde ocorre acréscimo da entrada de carbono devido elevação da atividade biológica, e gera maior fluxo de C e N no sistema do solo. Isso demonstra, que há uma relação direta entre aumento de diversidade de vegetação,

quantidade de resíduos de plantas adicionados e manutenção da cobertura vegetal da superfície do solo, que irão criar macroagregados e funcionarão de proteção física do carbono no solo (SÁ et al., 2018).

Sá et al. (2006) estudaram o sequestro de carbono em diferentes regiões (clima temperado e tropical) do Brasil, revelaram que para cada 1 Mg de C inserido pela palhada em sistema de plantio direto, promove a perda de 73,6% de C em regiões de clima temperado e 85,1% clima tropical. Essa maior perda de carbono em áreas de clima tropical é devido à maior velocidade de decomposição da palha em regiões de clima tropical, deixando o solo descoberto. Por isso é importante que em regiões tropicais sob alta precipitação e temperatura no verão, e períodos secos no inverno, desenvolver sistemas de cultivo (consórcio como gramíneas + leguminosas) para produzir grandes quantidades de palha rapidamente, afim de reduzir as perdas de carbono do solo.

As melhorias do solo proporcionadas pelos sistemas integrados de produção necessitam de longos períodos de cultivo, conforme destacado por Santos et al. (2009), que analisaram seis sistemas ILPs com diferentes sistemas de rotação de culturas, e verificaram que após oito anos de implantação não houve diferença da matéria orgânica do solo em relação a vegetação nativa. Esses resultados demonstram a importância desses sistemas no processo de acúmulo de carbono do solo, mas que devido a diversos fatores que interagem no sistema muitas dessas mudanças são identificadas apenas em longo prazo.

Essa captura de carbono ocorre devido ao acúmulo de carbono no solo decorrente da presença de maior diversidade radicular e pela maior produção de biomassa (cultura anual, pastagem e espécies florestal) (TONUCCI et al., 2011; MÜLLER et al., 2010).

O benefício do sistema radicular em acumular carbono no solo se deve pela liberação de exsudatos radiculares, que em plantas com grande desenvolvimento radicular como forrageiras o poder captura é ainda maior. Pesquisa desenvolvida por Nazer et al. (2019) estudaram o estoque de carbono em diferentes sistemas de manejo e descreveram o benefício das raízes de pastagem em capturar o carbono em profundidade no solo, devido as forrageiras apresentar sistema radicular agressivo e profundo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento, descrição do clima e solo

O experimento foi implantado na área da Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (FAECA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS. As coordenadas geográficas de latitude de 22° 14' S, longitude de 54° 59' 13" W e altitude de 434 metros. O clima predominante segundo a classificação de Köppen (1948) é do tipo Am, monçônico, com inverno seco. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, com textura argilosa (SANTOS et al., 2013). Contendo 580 g kg⁻¹ de argila, 150 g kg⁻¹ de silte e 220 g kg⁻¹ de areia, na camada 0-0,30 m de profundidade.

O estudo na área teve início em fevereiro de 2014, quando foram realizadas as semeaduras das forrageiras e do milho em consórcio no período outono-inverno e semeada a soja em sucessão (primavera- verão), os mesmos manejos realizados até os dias atuais.

As variáveis climáticas observadas durante os ciclos das avaliações representadas na Figura 1 foram obtidas na estação meteorológica da EMBRAPA Agropecuária Oeste- Guia clima, situada na cidade de Dourados- MS.

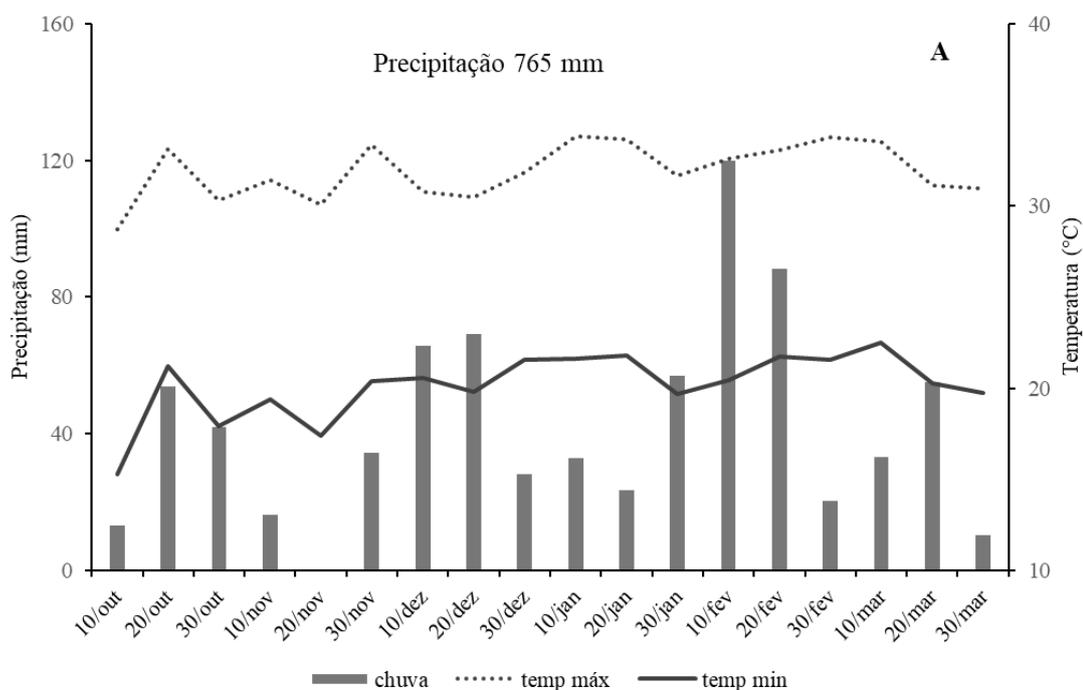


FIGURA 1. Dados mensais de precipitação pluvial, temperatura máxima (C°) (Tmax) e temperatura mínima (C°) (Tmin) por decêndio. **A**- outubro a março 2016/2017; **B**- abril a setembro 2017; **C**- outubro a março 2017/2018; **D**- abril a setembro 2018. Fonte: Embrapa Agropecuária Oeste – Guia clima (2018).

Figura 1. Continuação...

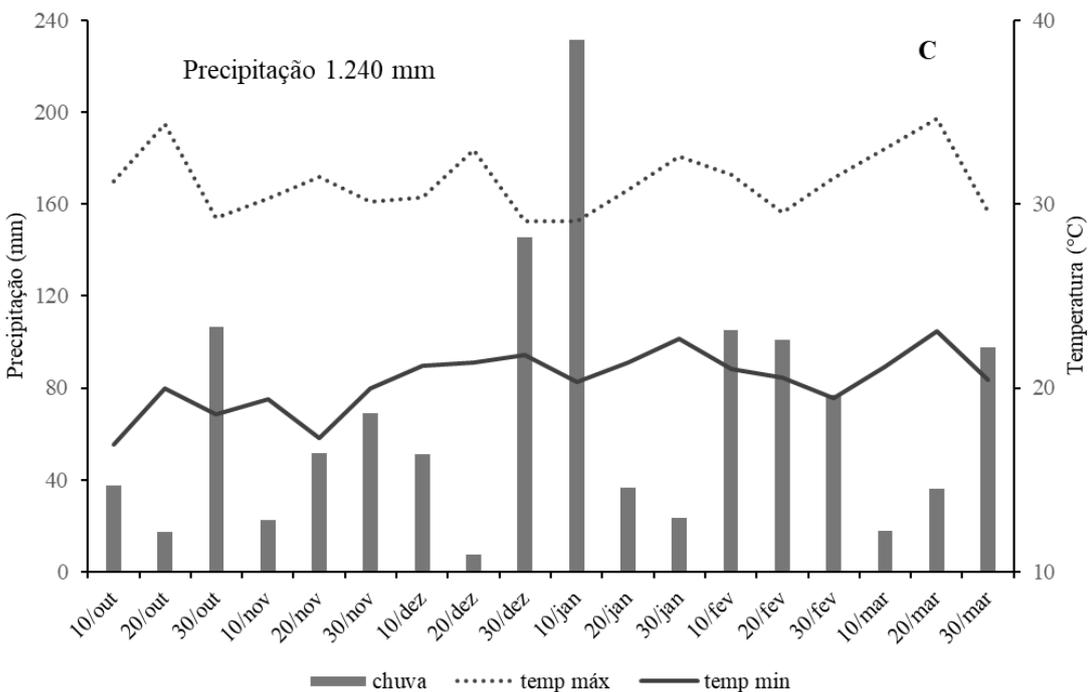
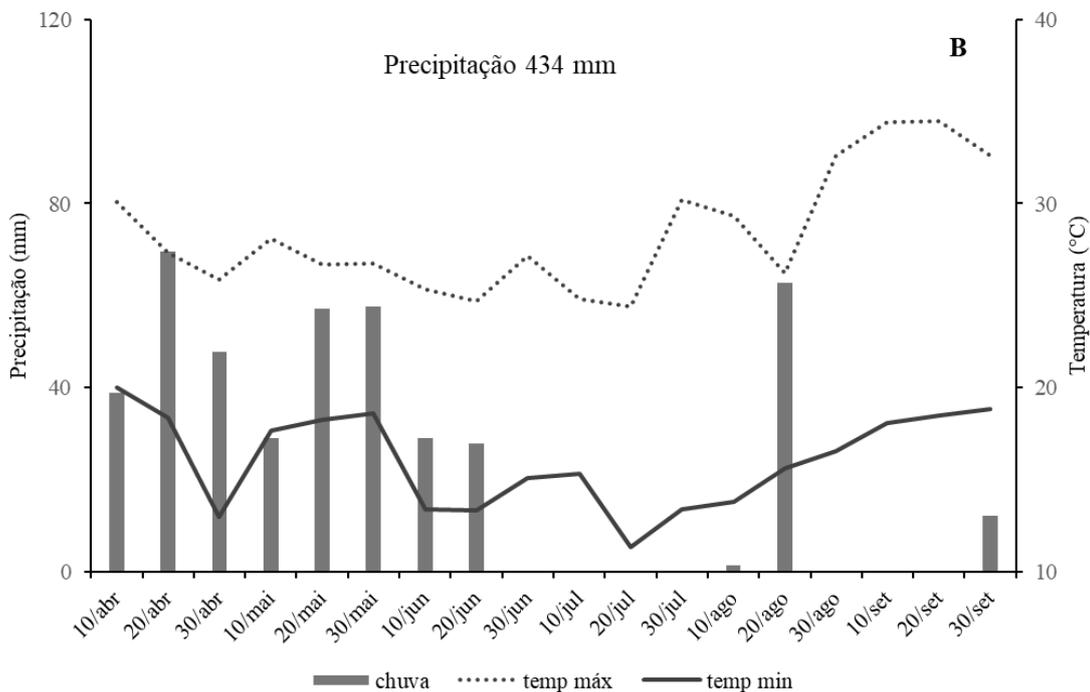
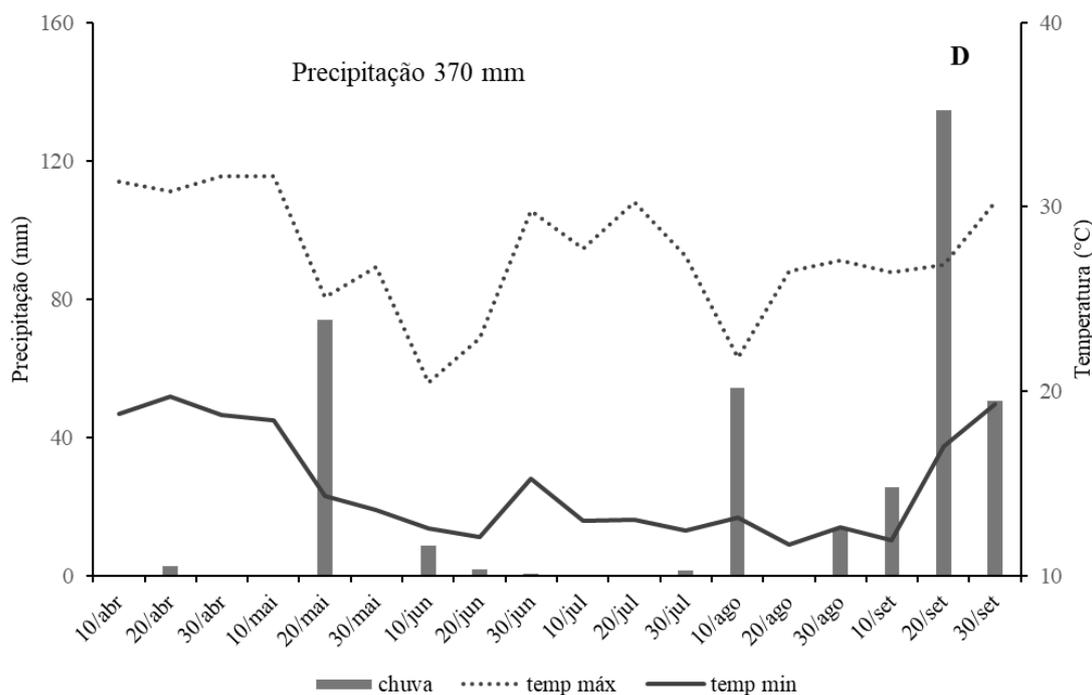


Figura 1. Continuação...



3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos das variáveis referentes à produtividade da palhada do milho solteiro e consorciado com forrageiras estão caracterizados no Quadro 2. Sendo que cada unidade experimental possui 15 m de largura por 20 m de comprimento (300 m²), com 11 parcelas por bloco (3.300 m²), com quatro blocos. O plantio e todos os tratamentos culturais foram realizados mecanicamente. O delineamento experimental é 11 tratamentos e 4 blocos, totalizando 44 parcelas.

QUADRO 1. Tratamentos casualizados nas parcelas experimentais

Tratamentos	Abreviação
Milho solteiro	Mi
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Xaraés	X
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Xaraés consorciada com milho	X+Mi
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã	P
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã consorciada com milho	P+Mi
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	Mo
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça consorciada com milho	Mo+Mi
<i>Urochloa ruziziensis</i> cv. Kenedy	R
<i>Urochloa ruziziensis</i> cv. Kenedy consorciada com milho	R+Mi
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu	Ma
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu consorciada com milho	Ma+ Mi

Caracterização química do solo foi realizada em outubro de 2016 na camada de 0,00-0,20 m, conforme Raij e Quaggio (1983), onde os resultados se encontram apresentados no Quadro 1.

QUADRO 2. Caracterização química do solo da área experimental amostrado na camada de 0-20 cm em outubro de 2016, Dourados-MS, antes da implantação de experimento

Tratamentos	pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	K ⁺	SB	CTC	P	V
	CaCl ₂	------(cmolc dm ⁻³)-----							(mg dm ⁻³)	%
Mi	5,39	0,0	3,99	1,87	4,93	0,20	6,06	11,00	15,97	55,14
X	5,26	0,0	3,77	1,59	6,10	0,12	5,47	11,58	15,59	47,30
X+Mi	5,44	0,0	4,29	2,03	4,48	0,25	6,57	11,05	14,85	59,44
P	5,20	0,0	3,61	1,68	4,93	0,21	5,49	10,43	19,12	52,69
P+Mi	5,51	0,0	4,03	1,91	4,12	0,19	6,12	10,24	14,51	59,79
Mo	5,25	0,0	4,43	2,27	4,99	0,15	6,85	11,84	12,06	57,88
Mo+Mi	5,72	0,0	4,98	2,24	3,91	0,20	7,42	11,33	13,43	65,53
R	5,04	0,0	3,66	1,77	5,49	0,13	5,56	11,04	10,25	50,32
R+Mi	5,06	0,0	4,00	1,85	5,97	0,24	6,09	12,06	18,24	50,49
Ma	5,00	0,0	3,49	1,57	5,43	0,20	5,26	10,69	12,14	49,22
Ma+Mi	5,70	0,0	4,49	2,01	4,44	0,42	6,92	11,36	16,89	60,94

Legenda: M.O. = matéria orgânica do solo; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V% = saturação de bases.

3.3 Semeadura milho e forrageiras

A semeadura do milho e das forrageiras foi realizada nos dias 18 e 21 do mês de março de 2017 e 2018, respectivamente, com período de emergência médio de cinco dias para o milho e sete dias para os capins, após a semeadura.

Para a avaliação da qualidade das sementes das gramíneas tropicais perenes, antes da semeadura, as mesmas foram encaminhadas ao laboratório da Embrapa Gado de Corte, para padronizar as sementes quanto ao valor cultural (VC). Para realizar as análises das sementes, foram coletadas amostras de 500 gramas de cada capim, sendo determinadas a pureza e germinação, e todas as sementes foram ajustadas pela equação: $VC = (Germinação \times Pureza) / 100$, expresso em percentagem, sendo para os capins do gênero *Urochloa* VC= 80 % e para *Panicum* VC= 50%, VC (valor cultural).

Os valores referentes à massa de 1000 sementes e número de sementes por grama foram obtidos por meio da média de oito observações (Quadro 3).

QUADRO 3. Resultados da análise das sementes para massa de 1000 sementes em gramas (M1000); número de semente por grama, (sementes g^{-1}); número de sementes puras viáveis (SPV) por m^2 e sementes puras viáveis (SPV) em $kg\ ha^{-1}$

Cultivar	M1000 (g)	Nº Sem. (g^{-1})	Nº SPV (m^{-2})	SPV ($kg\ ha^{-1}$)
Ruziziensis	5,50	181,00	70,00	3,86
Marandu	8,50	117,00	70,00	5,95
Xaraés	10,90	91,00	70,00	7,64
Piatã	9,50	105,00	70,00	6,65
Mombaça	1,30	770,00	350,00	4,55
Milho	326,00	3,07	6,75	23,90

A taxa de semeadura dos capins foi determinada com base no número de sementes por área (m^2), igual para todas as espécies de forrageiras, com o objetivo de garantir um número adequado e uniforme de plantas no estabelecimento. Para os capins do gênero *Urochloa*, foi utilizada a taxa de semeadura de 60 sementes puras viáveis por m^2 , e para o capim do gênero *Panicum* foi de 150 sementes puras viáveis por m^2 , objetivando obter estande mínimo de 30 plantas por m^2 para os capins do gênero *Urochloa* e de 40 plantas por m^2 para o *Panicum* (ALMEIDA et al., 2009).

Para a semeadura das forrageiras foi utilizada uma semeadora-adubadora, modelo TD, de oito linhas distanciadas entre si em 0,4 m, em plantio direto, com a profundidade de semeadura de 2 a 4 cm.

A semeadura do milho híbrido simples DKB 177 VT PRO foi realizada em plantio direto, nas parcelas onde previamente foram semeadas as forrageiras, exceto no tratamento com forrageira solteira. Foi utilizada a semeadora-adubadora modelo pneumático com 4 linhas de milho, equipada para plantio direto, com linhas espaçadas entre si em 0,9 m, reguladas para distribuir 6 sementes por metro, na profundidade de 2 a 5 cm, objetivado um estande final de 60.000 plantas por hectare.

A adubação de semeadura, para todos os tratamentos, foi de $250\ kg\ ha^{-1}$ da fórmula NPK (08-20-20) + 0,15% B + 0,50% Zn e não sendo realizada a adubação de cobertura com nitrogênio tanto para cultura do milho como para os capins, cultivados na safrinha.

Os tratos culturais realizados durante o desenvolvimento da cultura do milho e das gramíneas tropicais perenes ocorreu aos 18 a 20 dias após a emergência (DAE) dos capins, foram aplicados os herbicidas atrazine ($1.500\ g\ ha^{-1}\ i.a.$) em área total, para o controle da soja tiguera e de invasoras de folha larga. O herbicida foi

diluído em água, para um volume de calda de 200 litros ha⁻¹ e aplicados mecanicamente com auxílio de um pulverizador.

O controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi feito em duas pulverizações com os inseticidas de princípio ativo flubendiamida, na dose de 70 mL ha⁻¹ p.c. e beta-ciflutrina + imidacloprido, na dose de 500 mL ha⁻¹ de p.a. A primeira pulverização foi feita com flubendiamida no estágio V6 e a segunda pulverização foi realizada com o inseticida beta-ciflutrina + imidacloprido, quando as plantas estavam em estágio V8.

Para a semeadura da soja foi realizada dessecação da área com aplicação de herbicida glifosato, de forma sequencial, tendo a dose de 3,0 L ha⁻¹ aos 25 dias antes da semeadura da soja e segunda dose 2,0 L ha⁻¹ a 12 dias antes da semeadura da soja. As semeaduras da soja ocorreram nos dias 22 e 24 de outubro dos anos de 2016 e 2017, respectivamente, ambos em sucessão a consórcio milho e as forrageiras.

Para a semeadura nas duas safras foram utilizadas a Soja Brasmax Ícone IPRO, em sistema de semeadura direta, utilizando de semeadora-adubadora, modelo pneumático Jumil com sete linhas, espaçadas entre si a 0,45 m; com densidade de semeadura de 13 sementes m⁻¹ e profundidade de 3 cm. A adubação de semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ da fórmulação NPK (04-20-20) + 0,3% de B + 0,03% de Zn. As sementes foram inoculadas de acordo com a recomendação técnica com bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*.

Para controle de plantas daninhas e plantas espontâneas foram realizadas pulverizações com herbicida glifosato na dose de 2,5 L ha⁻¹, foram aplicados entre os estágios V3 a V4. Para controle de percevejos foi feita pulverização com inseticida Imidacloprido + Bifentrina na dose de 400 mL ha⁻¹. O controle de fungos foi realizado pulverizações de Azoxistrobina + Benzovindiflupir + Mancozebe + óleo mineral.

Antes da colheita da soja foi realizada amostragem para avaliações fitotecnia e posteriormente realizada a colheita da soja nas datas de 01/03/2017 e 22/02/2018.

3.4 Determinação da produção de palha de milho e forrageiras sobre o solo

A produção de palhas de milho e forrageiras foram determinadas no mês de setembro dos anos 2017 e 2018, após a colheita do milho e da dessecação das forrageiras, anterior a semeadura da soja, foram coletados ao acaso quatro pontos de 0,25 m² dentro de cada parcela (tratamento), numa área total de 1,0 m² por parcela. O

material foi amostrado, determinado sua massa e encaminhado para estufa de ventilação forçada, para secagem em temperatura de 55 a 65 °C até atingir a massa constante. Após secagem, foi novamente pesada para determinação da produtividade de palha do milho e das forrageiras por hectare.

3.5 Atributos físicos do solo em sistemas agrícolas

As amostragens de solo para avaliação dos atributos físicos foram coletadas no mês de outubro 2016, sendo realizados nos tratamentos do milho e forrageiras tanto solteiras como consorciadas.

Para as avaliações dos atributos físicos do solo foram coletadas amostras indeformadas de solo com uso de anéis volumétricos tipo “Koppec” metálico com capacidade volumétrica de 113 cm³ centralizados nas camadas 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, ou seja, nas camadas 0,025-0,075 e 0,125-0,175 m. Sendo coletadas três amostras por camada/parcela em quatro parcelas, totalizando 12 amostras por tratamento. Para as análises de densidade do solo (DS), macroporosidade (MA), microporosidade (MI) e porosidade total (PT), os anéis foram saturados em recipiente que continha água, durante período necessário até que o solo estivesse totalmente saturado, levados à mesa de tensão de 6 kPa, até que fosse cessado o gotejamento e posteriormente secos em estufa a 105 °C por 24 horas, de acordo com Almeida et al. (2017).

Na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (RPb), utilizou-se de penetrômetro de bancada, e modelo Marconi MA-933, com velocidade constante de 0,1667 mm s⁻¹, equipado com uma célula de carga de 200 N, haste com cone de 4 mm diâmetro de base e semiângulo 30°, com a haste sendo introduzida no centro geométrico de cada amostra. O solo foi coletado centralizados nas camadas 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m com uso de anéis volumétricos tipo “Koppec” com capacidade volumétrica de 113 cm³. As amostras foram saturadas em água e, posteriormente, submetido à mesa de tensão durante 24 h sob tensão de 6 kPa, caracterizando o solo na condição de capacidade de campo, em seguida foi utilizado o penetrômetro de bancada. No processamento dos dados foram descartados os 4 segundos iniciais e finais de cada leitura do aparelho, a fim de eliminar possíveis interferências ocorridas nas extremidades de cada amostra (TORMENA et al., 2007).

As análises de estabilidade de agregados foram determinadas conforme metodologia descrita por Yoder (1936), as coletas de amostras de solo, por meio de

blocos de solo com estrutura preservadas nas camadas 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, sendo coletada uma amostra por camada/parcela, a seguir, foram secas ao ar e passadas por peneiras de 8,00 e 4,00 mm, sendo empregados nas análises aqueles agregados retidos na peneira de 4,00 mm. Assim, a análise de estabilidade de agregados pelo peneiramento úmido, foi realizada mediante o peneiramento durante 10 minutos, em jogo de peneiras com malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,250 e 0,125 mm, dentro de recipiente que continha água. Os índices de estabilidade avaliados foram o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP), conforme Kemper e Rosenau (1986).

Para determinação do teor matéria orgânica das amostras, foi necessário inicialmente determinar o carbono orgânico total (COT), sendo coletadas amostras de solo nas camadas 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m foram coletados quatro pontos por parcela para formação de uma amostra composta. As avaliações foram determinadas de acordo com a metodologia de Walkley-Black, (1934). Sendo utilizado o volume gasto para determinar o COT na equação, conforme Fontana e Campos (2017). O COT foi determinado através da seguinte equação: $C (g\ kg^{-1}) = (40 - VSFA) \times f \times 0,6$, sendo que C, carbono orgânico; VSFA, volume de sulfato ferroso amoniacal; f, 40/volume sulfato ferroso gasto na prova em branco.

Para determinar o teor de matéria orgânica do solo (MOS), foi necessário utilizar a seguinte equação: $MOS (g\ kg^{-1}) = C (g\ kg^{-1}) \times 1,724$, onde MOS, teor de matéria orgânica; C, carbono orgânico.

3.6 Avaliações fitotécnicas da cultura da soja

As avaliações na cultura da soja foram realizadas por ocasião da colheita, sendo realizadas as seguintes determinações:

Número de vagens por planta (NVP): Antes da colheita, foram amostradas dez plantas por parcela e em seguida a contagem do número de vagens, com os valores representando a média de vagens por planta.

Massa de mil grãos (M1000): após determinada a produtividade, foi efetuada a contagem de oito subamostras de 100 grãos por parcela. As amostras foram pesadas em balança de precisão com três casas decimais, corrigindo-se o teor de

umidade para 13%. A massa de 1000 grãos foi determinada conforme a Regra para Análises de Sementes- RAS (BRASIL, 2009).

Produtividade de grãos de soja (PG): foi determinada através da colheita de duas linhas centrais (0,90 m) com cinco metros de comprimento (5 m), correspondendo a uma área útil de 4,5 m² por ponto, sendo coletados dois pontos por parcela experimental. Após a trilhagem das plantas em trilhadora estacionária e limpeza dos grãos, os mesmos foram pesados em balança digital, medindo a umidade dos grãos por meio do equipamento marca Gehaka Agri modelo G8000, onde os grãos foram corrigidos para grau de umidade para 13%, conforme a equação: $D = [(Ua - Uc) / (100 - Uc)] \cdot 100$, onde Ua = umidade atual do produto e Uc = umidade de comercialização”, sendo posteriormente os valores foram expressos em kg ha⁻¹ (SILVA, 2008).

3.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias das variáveis qualitativas (componentes da cultura da soja, produção de palha do milho e das forrageiras) e os atributos físicos do solo, foram comparados por meio do teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Nas avaliações entre os métodos de cultivo em conjunto (solteiros e consorciados) foram comparados por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR versão 5.6, conforme Ferreira (2011).

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade de palha de milho, forrageiras solteiras e consorciadas

Nos resultados de produção de palha das forrageiras solteiras e consorciadas com milho (Quadro 4), verifica-se que ocorreu maior produção de palha no ano de 2017, tanto forrageiras cultivadas solteiras como nas consorciadas com milho. Isso ocorreu devido às condições climáticas regulares, com boas precipitações e temperaturas. No ano 2018, que resultaram em baixas precipitações (Figura 1), principalmente entre os meses de abril a julho, que restringiram o desenvolvimento das forrageiras e do milho.

QUADRO 4. Produção média de palha de milho solteiro, forrageiras solteiras e consorciadas com milho, no período outono-inverno dos anos de 2017 e 2018

Tratamentos	Produção de palha (kg ha ⁻¹)			
	2017		2018	
Mi	8,34	Da	6,87	Cb
X	15,76	Aa	11,26	Ab
X+Mi	13,47	Ba	11,79	Ab
P	14,92	Aa	11,27	Ab
P+Mi	13,08	Ba	11,17	Ab
Mo	10,26	Ca	9,02	Bb
Mo+Mi	13,38	Ba	11,35	Ab
R	10,62	Ca	8,99	Bb
R+Mi	12,42	Ba	11,53	Aa
Ma	11,91	Ba	10,31	Aa
Ma+Mi	11,29	Ca	9,45	Bb
CV (%)	11,78		3,90	

Mi- Milho solteiro; X- *Urochloa Xaraes* solteiro; X+Mi- Consórcio *U*, *Xaraes* com milho; P- *U*, *Piatã* solteiro; P+Mi- Consórcio *U*, *Piatã* com milho; Mo- *P*, *Mombaça* solteiro; Mo+Mi- Consórcio *P*, *Mombaça* com milho; R- *U*, *Ruzizensis* solteiro; R+Mi- Consórcio *U*, *Ruzizensis* com milho; Ma- *U*, *Marandu* solteiro, Ma+Mi- Consórcio *U*, *Marandu* com milho, *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade, Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

No estudo realizado por Kichel (2018) na mesma área de pesquisa, também apresentou boa produção de palha nas forrageiras solteiras e consorciadas nos anos 2014 e 2015, conforme apresentado no Quadro 4, com valores acima de 10 Mg ha⁻¹, somente o milho solteiro apresentou produção baixo deste resultado. O autor enfatiza

que produção de palha foram influenciadas pelas as boas condições climáticas e fertilidade durante o estudo.

O desenvolvimento das forrageiras é muito influenciado pelas condições climáticas, que em condições de baixa precipitação e/ou temperatura muito baixas reduzem o crescimento da planta, influenciando na produção de massa vegetal e consequentemente, na formação de palha para cobertura do solo. Conforme destacado por Machado e Assis (2010) que avaliaram a produção de diferentes espécies de forrageiras em Dourados e São Gabriel do Oeste, verificaram que a produção de matéria seca foi drasticamente prejudicada devido às baixas precipitações durante o período de outono-inverno.

Para os resultados da produção de palha no ano 2017, os maiores resultados foram nos tratamentos com forrageiras xaraes e piatã, com quantidades 15,7 e 14,9 Mg ha⁻¹, respectivamente. Estes resultados estão bem acima do produzido no tratamento com milho solteiro, com produção de palha 8,3 Mg ha⁻¹, conforme Quadro 4. Os resultados de produção de palha na safra 2018 foram 16% menores em comparação a safra 2017, com média de 10 Mg ha⁻¹.

De acordo com Alvarenga et al, (2006) para manutenção do sistema de plantio direto devem ser adotados sistemas de cultivo que produzam em média, 6,0 Mg ha⁻¹ por ano ou mais de palha, afim de propiciar cobertura homogênea e melhorar as características do solo.

Para manter os teores de MOS em condições adequadas para fertilidade do solo, Lovato et al. (2004) destacaram que a adição anual de palha para cobertura do solo não deve ser inferior a 8,0 Mg ha⁻¹. Enquanto Amado (2001), diz que a adição anual de palha para sistema plantio direto na região de Cerrado deve ficar entre 10 a 12 Mg ha⁻¹, pois devido as altas temperaturas e precipitações aceleram o processo de decomposição da palha sobre o solo. Esses resultados estão próximos com presente estudo, somente o milho solteiro apresentou produtividade de palha abaixo de 10 Mg ha⁻¹, demonstrando a importância das forrageiras no processo de produção de palha.

Avaliando processo de decomposição de palha em diversas espécies no período de 360 dias, Kliemann et al. (2006) relataram perdas significativa devido a taxa de composição, estabelecendo a ordem decrescente de perdas: gramíneas – sorgo e braquiária em cultivo consorciado (86%) > capim mombaça (69%) > milheto (65%) > braquiária em cultivo solteiro (62%) e leguminosas – estilosantes (83%) > guandu (79%).

Diversas pesquisas desenvolvidas por Rosolem et al. (2003) e Garcia et al. (2014) demonstraram o potencial de utilização de espécies forrageiras como plantas de cobertura para a região do Cerrado, principalmente em períodos de entressafra, pois além de acumularem quantidade de massa seca sob a superfície do solo promovem a reciclagem de nutrientes e a liberação gradativa para as culturas sucessoras, como a soja, milho, algodão. Sendo esta liberação dependente de fatores como, período de chuvas, espécie cultivada e do tipo de solo,

Contudo, prevalece a necessidade de produzir grande quantidade de palhada para o sucesso do sistema de semeadura direta, inserir espécies diversas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para o sistema, como gramíneas e leguminosas essenciais para manter o solo coberto durante bom período do ano.

4.2 Atributos do solo em sistemas integrados de produção

Na avaliação da densidade do solo, os resultados apresentaram a maior densidade do solo nas parcelas com milho solteiro (Mi), resultados próximos de $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$, nas duas camadas de solo avaliadas. Este aumento pode ter ocorrido pela ausência da diversidade de raízes presentes e pela deficiência de palhada sobre a superfície do solo (Quadro 5).

Na camada 0,10-0,20 m houve diferença estatística, com menor densidade do solo nos tratamentos com ruziziensis consorciado com milho, redução 4,5% em comparação ao milho solteiro. Mesmo com aumento da densidade do solo entre as camadas, os resultados apresentados ficaram abaixo do limite crítico $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$, recomendado por Reichert et al. (2003) para solos argilosos, o que não causa limitação para desenvolvimento as culturas.

Para macroporosidade do solo amostrada na camada 0,0-0,10 m não houve diferenças entre os tratamentos, o mesmo ocorreu para microporosidade. Na camada 0,10-0,20 m a macroporidade do solo apresentou diferenças entre os tratamentos estudados, sendo que os tratamentos com xaraes solteiro, xaraes consorciado com milho e piatã solteiro ficaram abaixo do limite crítico, determinado por Thomasson (1978) e Reynolds et al. (2002) que observaram macroposidade abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ considerado como crítico para o crescimento radicular da maioria das culturas anuais, apesar de tal crescimento depender também da espécie de planta e da atividade biológica do solo.

QUADRO 5. Médias de densidade do solo (DS), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e porosidade total (PT) em Latossolo Vermelho distroférrico em Dourados – MS (2016)

Trat,	DS		Macro		Micro		PT									
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,0-0,10	0,10-0,20	0,0-0,10	0,10-0,20	0,0-0,10	0,10-0,20								
	Mg m ⁻³		m ³ m ⁻³													
Mi	1,41	A	1,42	A	0,106	A	0,112	A	0,408	A	0,418	A	0,455	B	0,514	B
X	1,28	B	1,38	A	0,151	A	0,094	B	0,378	A	0,441	A	0,538	A	0,536	A
X+Mi	1,31	B	1,38	A	0,142	A	0,093	B	0,382	A	0,407	A	0,483	B	0,500	B
P	1,29	B	1,38	A	0,156	A	0,108	A	0,396	A	0,416	A	0,557	A	0,524	B
P+Mi	1,36	B	1,40	A	0,114	A	0,096	B	0,415	A	0,424	A	0,530	A	0,521	B
Mo	1,35	B	1,37	A	0,126	A	0,129	A	0,403	A	0,413	A	0,530	A	0,543	A
Mo+Mi	1,34	B	1,39	A	0,137	A	0,106	B	0,392	A	0,411	A	0,529	A	0,517	B
R	1,33	B	1,39	A	0,112	A	0,114	A	0,428	A	0,413	A	0,54	A	0,528	B
R+Mi	1,32	B	1,36	B	0,137	A	0,110	A	0,392	A	0,410	A	0,530	A	0,570	A
Ma	1,33	B	1,37	A	0,114	A	0,103	B	0,398	A	0,412	A	0,483	B	0,515	B
Ma+Mi	1,32	B	1,40	A	0,142	A	0,102	B	0,388	A	0,417	A	0,538	A	0,519	B
CV (%)	5,45		3,17		22,94		17,83		10,85		9,20		8,74		7,20	

*Trat, Tratamentos, Mi- Milho solteiro; X- *Urochloa* Xaraes solteiro; X+Mi- Consórcio *U*, Xaraes com milho; P- *U*, Piatã solteiro; P+Mi- Consórcio *U*, Piatã com milho; Mo- *P*, Mombaça solteiro; Mo+Mi- Consórcio *P*, Mombaça com milho; R- *U*, Ruziensiensis solteiro; R+Mi- Consórcio *U*, Ruziensiensis com milho; Ma- *U*, Marandu solteiro, Ma+Mi- Consórcio *U*, Marandu com milho. *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. **CV, Coeficiente de variação.

Isso possivelmente ocorreu devido ao maior desenvolvimento tanto da parte área, como da raiz dessas forrageiras, proporcionando maior densidade de raiz. Estudo desenvolvido por Cunha et al. (2010) avaliaram cultivo de diferentes forrageiras em sistema irrigado e adubação nitrogenada, constataram que as forrageiras xaraes e marandu apresentaram maior densidade de raiz em relação as demais forrageiras. Os autores concluíram que a densidade radicular apresentada por essas forrageiras é importante no incremento de matéria orgânica, melhorando processo de aeração do solo.

Os resultados de microporosidade não apresentaram diferenças significativas para as duas camadas estudadas (Quadro 5).

Salton e Tomazi (2014) estudaram o efeito do sistema radicular das forrageiras consorciada com milho e milho solteiro, no cultivo de soja em sucessão, verificaram maior desenvolvimento radicular da soja no tratamento com consórcio, com raízes alcançando profundidades superiores a 1 m, sendo no cultivo de milho solteiro as raízes da soja alcançaram no máximo a 0,70 m.

Os mesmos autores evidenciam os benefícios do sistema na melhoria da qualidade do solo e conseqüentemente para as culturas sucessoras, onde o maior comprimento de raízes poderá explorar maior volume de solo, disponibilizando mais nutrientes e maiores ofertas de água, fator fundamental para enfrentar época de baixa deficiência hídrica (SALTON e TOMAZI, 2014).

Mas Seidel et al, (2014) compararam o efeito do consórcio milho com braquiária nos atributos físicos do solo, em dois métodos de semeadura, na linha e na entrelinha do milho constataram que a semeadura braquiária na entrelinha do milho proporcionou maior produção de massa seca pela braquiária, o que provavelmente, resultou em maior desenvolvimento radicular e maior porosidade total.

Na camada 0,10-0,20 m os valores ficaram próximos ao considerado ideais para porosidade total, em todos os tratamentos com resultados acima $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (KIEHL, 1979), mas os melhores resultados foram xaraes e mombaça solteiros, ruziziensis consorciado, que apresentaram diferenças entre os demais tratamentos. O que não ocorreu na camada 0,0-0,10, quando o milho e marandu solteiros, xaraes consorciado apresentou valores abaixo do ideal ($0,455 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), atributo que irá interferir no processo de infiltração, aeração do solo e desenvolvimento radicular das culturas.

Para os resultados de resistência a penetração do solo (RP) houve maior valor no milho solteiro nas duas camadas estudadas (Quadro 6), isto pode ser atribuído a maior densidade do solo neste tratamento. Na camada 0,0-0,10 m não houve diferenças entre os tratamentos, com variação de 1,96 - 2,89 MPa, apresentando resistência dentro do adequado para desenvolvimento radicular. Conforme Moraes et al, (2014) estudo realizado em área de Latossolo Vermelho distroférrico com textura muito argilosa em plantio direto, em Londrina-PR, classificaram RP crítico resultados em torno 3,5 MPa para solos argilosos.

Entretanto, na camada 0,10-0,20 m houve diferenças entre os tratamentos, com as menores resistências à penetração do solo nos tratamentos xaraes e marandu solteiros e marandu consorciado. Nos tratamentos milho e mombaça solteiros e mombaça consorciado apresentaram RP acima do limite considerado adequado para desenvolvimento radicular com valores acima 3,5 MPa.

De acordo com Siedel et al, (2017) avaliaram a produção de matéria seca e seus efeitos nos atributos físicos do solo, destacaram aumento da macroporosidade e menor resistência penetração do solo no tratamento milho solteiro na camada 0,0-0,10

m, Segundo os autores, isso provavelmente ocorreu devido às avaliações serem realizadas imediatamente após a colheita do milho, ou seja, período em que as raízes da forrageira e a palhada não haviam sido decompostas, demonstrando a importância dos benefícios de cultivos consorciados com longa duração.

QUADRO 6. Médias de resistência a penetração do solo em Dourados – MS (2016)

Tratamentos	Resistência a penetração do solo			
	0,0-0,10		0,10-0,20	
	MPa			
Mi	2,89	A	4,05	A
X	2,44	A	2,13	B
X+Mi	2,24	A	3,16	A
P	2,21	A	3,17	A
P+Mi	2,22	A	3,26	A
Mo	2,36	A	3,91	A
Mo+Mi	1,96	A	3,61	A
R	2,09	A	3,13	A
R+Mi	2,24	A	3,36	A
Ma	2,51	A	1,98	B
Ma+Mi	2,71	A	1,48	B
*CV (%)	33,24		33,97	

Médias seguidas pela mesma letra em coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. *CV, Coeficiente de variação.

A maioria dos tratamentos apresentou resistência à penetração próxima ou acima do limite adequado, principalmente na camada 0,10-0,20 m, mas mesmo com estes resultados não causaram impedimentos ao desenvolvimento das culturas.

Costa et al. (2015) avaliaram atributos físicos em diferentes sistemas de consórcio de culturas em Latossolo vermelho em Selviria- MS, durante três anos consecutivos. No sistema com Milho/ capim xaraés/ soja apresentaram resultados de RP próximo deste estudo com 2,44, 2,65 e 2,46 MPa nas camadas 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, respectivamente e produtividades de soja 2,911 kg ha⁻¹. Entretanto, os autores destacam que houve aumento da resistência à compactação nas camadas iniciais do solo, com redução na última camada, isso ocorreu em razão no sistema plantio direto, promover menor mobilização do solo, maior compactação superficial e redução da macroporosidade.

A inclusão de pastagens em área de consórcio e rotação de culturas provoca melhoria da qualidade física do solo devido à combinação de três efeitos principais:

imobilização do solo durante o ciclo da pastagem, presença de um denso sistema radicular atuando como agente agregante e aumento da atividade da macrofauna do solo (MARCHÃO, 2007).

Os maiores valores de diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) foram constatados nas forrageiras que apresentaram as maiores produções de palha, sendo a xaraes, ruziziensis, mombaça solteiros e mombaça consorciado com milho na camada 0,00-0,10, destacando que o cultivo de forrageiras proporcionam agregados mais estáveis em comparação ao cultivo de culturas anuais. Na camada 0,10-0,20 m os tratamentos não apresentaram diferenças, isto possivelmente decorrente a redução da quantidade de raízes (Quadro 7).

QUADRO 7. Médias de diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) em Latossolo Vermelho em Dourados – MS (2016)

Tratamentos	DMG				DMP			
	0,00-0,10		0,10-0,20		0,00-0,10		0,10-0,20	
	mm							
Mi	2,49	B	2,09	A	3,45	B	2,84	A
X	3,03	A	2,00	A	3,90	A	2,98	A
X+Mi	2,59	B	2,29	A	3,55	B	3,20	A
P	2,80	B	2,16	A	3,57	B	3,01	A
P+Mi	2,70	B	1,75	A	3,63	B	2,43	A
Mo	3,32	A	2,24	A	4,09	A	3,07	A
Mo+Mi	3,18	A	2,16	A	3,97	A	3,02	A
R	3,10	A	1,79	A	3,92	A	2,55	A
R+Mi	2,81	B	2,32	A	3,62	B	3,03	A
Ma	2,80	B	2,31	A	3,75	B	2,99	A
Ma+Mi	2,87	B	1,89	A	3,75	B	2,74	A
** CV (%)	14,01		24,66		9,78		22,20	

Mi- Milho solteiro; X- *Urochloa* Xaraes solteiro; X+Mi- Consórcio *U*, Xaraes com milho; P- *U*, Piatã solteiro; P+Mi- Consórcio *U*, Piatã com milho; Mo- *P*, Mombaça solteiro; Mo+Mi- Consórcio *P*, Mombaça com milho; R- *U*, Ruziziensis solteiro; R+Mi- Consórcio *U*, Ruziziensis com milho; Ma- *U*, Marandu solteiro, Ma+Mi- Consórcio *U*, Marandu com milho. *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. ** CV, Coeficiente de variação.

Santos et al, (2012) apresentaram respostas próximas com presente estudo, trabalharam com oito diferentes culturas de cobertura vegetal no município de Santo Antônio de Goiás, verificaram que as gramíneas foram mais eficientes em formar agregados mais estáveis em comparação as leguminosas na camada superficial do solo

(0-0,10 m), sendo que a mesma constatação não foi confirmada na camada 0,10-0,20 m, não apresentando diferença entre os tratamentos.

Stumpf et al, (2016) estudaram o desenvolvimento radicular de diferentes espécies de forrageiras, em solo construído a partir de solo degradado pela mineração de carvão. Observaram que *Urochloa brizantha* apresentou melhor desenvolvimento radicular aos 58 meses regeneração em comparação as demais espécies, sendo que a forrageira apresentava 80,79% de sua massa radicular distribuída na camada de 0-0,10 m, 13,40% na camada de 0,10-0,20 m e 5,81% na camada de 0,20-0,30 m do solo.

O tratamento com milho solteiro promoveu os menores valores em magnitude tanto de DMG e DMP na camada 0,00-0,10 m (2,49 mm), isso ocorreu possivelmente devido a desestruturação do solo, motivado pela redução da quantidade de raízes e menor quantidade de palha, formando agregados com diâmetro menores e menos estáveis no solo (Quadro 7), conforme destacado por Salton e Tomazi (2014).

O maior DMG e DMP em áreas de forrageiras estão associados à presença do sistema radicular abundante e agressivo das gramíneas, a maior quantidade de palha disponibilizada pelas culturas, que contribuem para a formação de agregados mais estáveis, comparando a solos em processo de desagregação (COSTA et al., 2015).

Os cultivos com forrageiras solteiras e consorciadas com milho geraram maior valor DMG e DMP na camada 0,00-0,10 m, diferindo estatisticamente o milho solteiro do tratamento forrageira solteiro. Isto possivelmente devido à adição de palha sobre a superfície do solo e o desenvolvimento radicular das forrageiras, que promove aumento da concentração de raízes das forrageiras sendo essencial para o aumento da matéria orgânica do solo e conseqüentemente melhoria na estruturação do solo (Quadro 8).

De acordo com Luciano et al. (2010), que estudaram o efeito do sistema de plantio direto durante vários períodos de adoção cultivado com fumo e cebola no estado de Santa Catarina. Constataram resultados de diâmetro médio geométrico caracterizado como altos, com valores DMG entre 2,64- 5,63 mm, indicando a existência de agregados estáveis, Mas, tal estabilidade pode ser devida à compactação gerando agregados que seriam de baixa qualidade.

QUADRO 8. Determinação dos valores médios de diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) entre os métodos de cultivos em Dourados – MS (2016)

Tratamentos	DMG				DMP			
	0,00-0,10		0,10-0,20		0,0-0,10		0,10-0,20	
	mm							
Mi	2,48	B	2,08	A	3,45	B	2,85	A
FS	3,01	A	2,10	A	3,84	A	2,92	A
F+Mi	2,83	AB	2,09	A	3,70	AB	2,88	A
CV (%)	5,81		16,89		4,07		15,23	

Mi: milho solteiro; FS: forrageiras solteiras; F+Mi: Forrageiras consorciados com milho. *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. **CV, Coeficiente de variação.

Contudo, fica evidente a importância dos resíduos vegetais e o consórcio de espécies de plantas no processo de estruturação do solo, por promover maior teor de MOS e estabilidade dos agregados do solo em virtude à intensa atividade biológica, resultando em maior aeração e infiltração de água no sistema, permitindo o maior desenvolvimento radicular das culturas (SILVA et al., 2016).

Para avaliação da matéria orgânica do solo (MOS) não houve diferenças entre os tratamentos avaliados, tanto cultivado de forma solteira e consorciado (Quadro 9), Mesmo não apresentando diferenças entre os tratamentos, o milho solteiro apresentou menor valor absoluto dentre os tratamentos,

Santos et al. (2012); Wendling et al. (2012) destacam que há correlação positiva entre os índices de estabilidade de agregados (DMP e DMG) e a matéria orgânica do solo (MOS), indicando que o aporte de material vegetal na superfície do solo por meio do sistema plantio direto, associado ao desenvolvimento radicular das diferentes culturas de cobertura pode contribuir para a elevação na estabilidade dos agregados de maior diâmetro, melhorando a qualidade estrutural do solo das áreas avaliadas.

QUADRO 9. Determinação da matéria orgânica do solo (MOS) nos tratamentos milho e forrageiras solteiras e consorciadas em Dourados – MS (2016)

Tratamentos	Matéria Orgânica do Solo					
	0-0,05		0,05-0,10		0,10-0,20	
	g kg ⁻¹					
Mi	32,88	A	26,05	A	21,20	A
X	37,15	A	27,66	A	24,80	A
X+Mi	37,56	A	26,82	A	22,20	A
P	34,34	A	29,31	A	26,30	A
P+Mi	33,57	A	27,97	A	23,40	A
Mo	35,93	A	30,81	A	23,90	A
Mo+Mi	41,55	A	30,31	A	23,90	A
R	32,98	A	29,07	A	23,40	A
R+Mi	36,82	A	32,92	A	22,70	A
Ma	34,94	A	29,89	A	23,40	A
Ma+Mi	35,97	A	31,85	A	26,50	A
CV (%)	9,37		14,29		8,35	

Mi- Milho solteiro; X- *Urochloa* Xaraes solteiro; X+Mi- Consórcio *U*, Xaraes com milho; P- *U*, Piatã solteiro; P+Mi- Consórcio *U*, Piatã com milho; Mo- *P*, Mombaça solteiro; Mo+Mi- Consórcio *P*, Mombaça com milho; R- *U*, Ruziziensis solteiro; R+Mi- Consórcio *U*, Ruziziensis com milho; Ma- *U*, Marandu solteiro, Ma+Mi- Consórcio *U*, Marandu com milho. *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. **CV, Coeficiente de variação.

Entretanto, avaliando entre as camadas estudadas houve redução da matéria orgânica conforme aumento da camada do solo, sendo o milho solteiro correspondeu com menor teor de matéria orgânica, com valores 32,88, 26,05 e 21,20 g kg⁻¹, redução de 20,7 e 35,5%, comparando a camada superficial com as demais camadas analisadas.

4.3 Componentes de produção e produtividade da soja

Nas determinações das características de produção da cultura da soja foram observadas diferenças significativas ($p > 0,01$) para os dois componentes de produção de grãos de soja na safra 2016/2017, não ocorreu mesma resposta para safra 2017/2018, as principais características não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

Para o número de vagem por planta (NVPL) não houve diferenças para produção de vagens nos dois anos de estudo, Contudo, houve diferença entre os tratamentos na safra 2016/2017, com maior produção de soja quando semeado sobre a palhada de piatã, marandu e mombaça cultivados de maneira solteira, com produção de

55,53; 49,07 e 56,40 vagens, respectivamente. Resultados foram em média 73% maior que encontrado no milho solteiro, com 39,26 vagens (Quadro 10).

Estas diferenças podem ser atribuídas às condições climáticas ocorridas durante o ciclo da cultura da soja, entre os meses de outubro a março da safra 2016/2017, as somas das precipitações totalizaram de 765 mm, sendo 61,2% inferior a safra 2017/2018 com precipitação de 1,240 mm (Figura 1), não ocorreu diferenças entre os tratamentos devido excesso hídrico durante o período.

QUADRO 10. Determinação dos médios para as características de número de vagens por planta e massa 1000 grãos, cultivado sobre palhas de milho e forrageiras solteiras e milho consorciado, média das safras 2016/2017 e 2017/2018

Tratamentos	NVPL				M1000			
					(g)			
	2016/2017		2017/2018		2016/2017		2017/2018	
Mi	39	Ba	41	Aa	196,94	Aa	178,78	Ab
X	43	Ba	47	Aa	197,93	Aa	176,78	Aa
X+Mi	43	Ba	45	Aa	194,61	Aa	165,05	Bb
P	55	Aa	48	Aa	200,14	Aa	170,25	Bb
P+Mi	41	Ba	45	Aa	197,83	Aa	163,42	Bb
Mo	56	Aa	44	Aa	198,10	Aa	178,13	Ab
Mo+Mi	41	Ba	47	Aa	195,46	Aa	168,62	Bb
R	44	Ba	41	Aa	197,99	Aa	184,62	Ab
R+Mi	43	Ba	44	Aa	204,09	Aa	181,30	Ab
Ma	49	Aa	46	Aa	196,20	Aa	171,97	Bb
Ma+Mi	41	Ba	43	Aa	195,46	Aa	161,85	Bb
CV (%)	15,88		8,90		2,42		4,51	

Número de vagens por planta (NVPL) e massa 1000 grãos (M1000), Mi- Milho solteiro; X- *Urochloa Xaraes* solteiro; X+Mi- Consórcio *U*, Xaraes com milho; P- *U*, Piatã solteiro; P+Mi- Consórcio *U*, Piatã com milho; Mo- *P*, Mombaça solteiro; Mo+Mi- Consórcio *P*, Mombaça com milho; R- *U*, Ruziziensis solteiro; R+Mi- Consórcio *U*, Ruziziensis com milho; Ma- *U*, Marandu solteiro; Ma+Mi- Consórcio *U*, Marandu com milho. *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Pois 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).

Este relato foi discutido por Schöffel et al. (2001) indicaram que efeito do excesso hídrico prejudica o desenvolvimento da cultura da soja, principalmente durante

o subperíodo reprodutivo, Porque, a queda de flores e legumes, é devida à reduzida difusão de oxigênio e à pequena disponibilidade de nitrogênio para a planta, Pois, em condições de excesso hídrico, ocorre a decomposição de grande número de nódulos, que pode levar a uma redução na fixação de nitrogênio atmosférico (COSTA, 1973).

Com relação a massa de mil grãos (M1000) não houve diferença entre os tratamentos na safra 2016/2017, com média 197,68 g (Quadro 10). Contudo, na safra 2017/2018 houve diferenças entre os tratamentos, com menor massa de grãos em relação à safra anterior. A maior massa dos grãos na safra 2016/2017, pode ter influenciado o aumento da produtividade da soja, o mesmo resultado foi destacado por Costa et al, (2015), onde obtiveram maiores produtividades em tratamentos com maior peso de grãos.

Mesmo não apresentando diferença de massa 1000 grãos entre os tratamentos na safra 2016/2017, nos dois anos de cultivo os tratamentos com *Urochloa ruziziensis* tanto solteiro quanto consorciado, obtiveram as melhores respostas com ganho médio de peso 191,31 g e 192,70 g, respectivamente, aumento de 4% no ganho de massa em comparação ao milho solteiro, Estes valores estão acima dos resultados de Pereira Júnior et al, (2010); Mendonça et al, (2013) quando obtiveram valores entre 146,0 a 160,0 g, respectivamente.

Quanto a produtividade dos grãos da soja houve diferenças significativa entre os tratamentos e entre os anos de cultivo, com maior produtividade na safra 2016/2017 com média 4,729 kg ha⁻¹ aumento de 8% em relação à safra 2017/2018 (Quadro 11).

A maior produtividade na safra 2016/2017 ocorreu quando a soja foi semeada na palhada de piatã consorciado com milho com 5,700 kg ha⁻¹, o milho solteiro foi 4,003 kg ha⁻¹, aumento de 1,700 kg ha⁻¹, ou seja, 29 sacas. Contudo, na safra 2017-2018 as produtividades de soja ficaram abaixo de 5,000 kg ha⁻¹ e com maior produtividade de soja sobre *ruziziensis* solteira (4,631 kg ha⁻¹), mas não diferiu da *ruziziensis* em consórcio, marandu e mombaça em solteiro.

Essas produtividades estão muito acima da média regional segundo Fundação-MS, a produtividade média de soja na safra 2016/2017 foram de 3,828 kg ha⁻¹, ou seja, 63,8 sacas ha⁻¹ e na safra 2017/2018 os resultados foram 4,320 kg ha⁻¹, com 72 sacas de soja.

Mesmo com provável impedimento causado pela resistência à penetração do solo (Quadro 6) com resultados próximos ou acima do limite adequado para

desenvolvimento da cultura, a resistência à penetração do solo não causou restrição a produtividade, pois os resultados das produtividades de soja nos dois anos ficaram acima dos 4,000 kg ha⁻¹ (66 sacas) (Quadro 11).

Esta maior produtividade na safra 2016/2017 pode estar relacionada a maior quantidade de palhada e a melhor distribuição das chuvas em comparação a safra posterior, visto que para o sucesso do sistema plantio direto (SPD) é a boa formação da palhada para culturas sucessoras.

QUADRO 11. Produtividade de soja (*Glycine max*) sob palha de milho solteiro, forrageiras solteiras e consorciadas com milho

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)			
	2016/2017		2017/2018	
Mi	4,003	Da	4,015	Ba
X	4,179	Da	4,168	Ba
X+Mi	4,395	Da	4,211	Ba
P	5,103	Ba	4,340	Bb
P+Mi	5,700	Aa	4,476	Ab
Mo	5,015	Ba	4,385	Bb
Mo+Mi	4,265	Da	4,578	Ab
R	4,718	Ca	4,631	Aa
R+Mi	4,696	Da	4,593	Aa
Ma	5,050	Ba	4,623	Ab
Ma+Mi	4,894	Ba	4,127	Ba
CV (%)	4,25		4,94	

Mi- Milho solteiro; X- *Urochloa* Xaraes solteiro; X+Mi- Consórcio *U*, Xaraes com milho; P- *U*, Piatã solteiro; P+Mi- Consórcio *U*, Piatã com milho; Mo- *P*, Mombaça solteiro; Mo+Mi- Consórcio *P*, Mombaça com milho; R- *U*, Ruziziensis solteiro; R+Mi- Consórcio *U*, Ruziziensis com milho; Ma- *U*, Marandu solteiro, Ma+Mi- Consórcio *U*, Marandu com milho. **Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os mesmos resultados foram apresentados por Costa et al, (2015) avaliaram diferentes espécies de forrageiras para produção de palha e épocas de semeadura da soja em sucessão. E constataram as menores produtividades de soja foram sobre as forrageiras que apresentaram menor produção de palhada e possivelmente, menor ciclagem de nutrientes. Os mesmos confirmam a importância que as elevadas produtividades de palha obtidas pelas forrageiras na melhoria dos sistemas produtivos da região, no benefício para o solo, controle de plantas daninhas e para as culturas semeadas em sucessão.

De acordo com Pacheco et al, (2009) a produtividade de soja semeado sob diferentes espécies de forrageiras do gênero *Urochloa* foram mais eficientes no controle de plantas daninhas, e resultaram em maiores produtividades. Entretanto, Chioderoli et al. (2012) não constataram diferença na produtividade de soja sobre as palhadas da *U. brizantha*, *U. ruziziensis* e *U. decumbens* em plantio direto.

No Quadro 12 estão apresentadas as produtividades de soja entre os cultivos estudados, Os tratamentos semeados com forrageiras tanto solteiras (FS), quanto consorciados com milho (F+Mi) proporcionaram as maiores produtividades nas duas safras, diferindo do milho solteiro. Na safra 2016/2017 as produtividades de soja nos cultivos com forrageiras (FS e F+Mi) foram próximos de 80 sacas ha^{-1} e na safra 2017/2018 foram acima 73 sacas ha^{-1} , muito superior ao milho solteiro 66 sacas ha^{-1} , mostrando o benefício de sistemas de cultivo com forrageiras no ganho de produtividade da soja.

QUADRO 12. Produtividade média de soja (*Glycine max*) em sucessão ao cultivo de milho solteiro, forrageiras solteiras e consorciadas com milho

Tratamentos	Produtividade (kg ha^{-1})			
	2016/2017		2017/2018	
Mi	4,003	B	4,015	B
FS	4,813	A	4,429	A
F+Mi	4,790	A	4,397	A
CV (%)	8,07		4,54	

Mi: milho solteiro; FS: forrageiras solteiras; F+Mi: Forrageiras consorciados com milho, *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, ** CV, Coeficiente de variação.

Garcia et al, (2014) avaliaram a produtividade de soja em sucessão do consórcio milho com forrageiras e adubação nitrogenada em Selviria-MS, apresentaram produtividades entre 2,884 à 3,176 kg ha^{-1} , resultados bem abaixo com deste estudo. Mas Chioderoli et al, (2012) em avaliação da produtividade de soja em sucessão milho consorciado com diferentes densidades de semeadura de braquiária, constataram produtividades próxima deste estudo, em torno 4,700 kg ha^{-1} .

Contudo, o consórcio entre diferentes espécies de plantas como gramíneas e leguminosas, são benéficas para os sistemas produtivos devido as melhorias proporcionadas pelo acúmulo de massa vegetal e a diversidade de raízes, atraindo microrganismos benéficos que serão responsáveis pela decomposição do material

vegetal, liberando nutrientes e formando galerias que irão aumentar a difusão de ar e água pelo solo, facilitando o desenvolvimento radicular.

5, CONCLUSÕES

As forrageiras produzem quantidades adequada de palha para o plantio direto.

O solo quando cultivado com milho solteiro como cultura antecessora apresenta maior densidade na camada superficial do solo.

As inserções das forrageiras resultam nos maiores valores de diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado na camada superficial do solo.

As forrageiras tanto solteiras e consorciadas melhoram agregação do solo.

A soja semeada sobre as palhadas das forrageiras piatã consorciado, ruziense consorciado e solteiro, marandu solteiro e mombaça solteiro apresentam as maiores produtividades.

6, REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R, G.; DA COSTA, J, A, A.; KICHEL, A, N.; ZIMMER, A, H, **Taxas e métodos de semeadura para *Brachiaria brizantha* cv, BRS Piatã em safrinha**, Campo grande- MS: Embrapa Gado de Corte (Comunicado Técnico) (Infoteca-E), 2009.

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

AMADO, T, J, C.; BAYER, C.; ELTZ, F, L, F.; BRUM, A, C, R, Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 25, n,1, p, 189-197, 2001.

BERTOL, I.; BEUTLER, J, F.; LEITE, D.; BATISTELA, O, Propriedades físicas de um Cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo, **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v, 58, n, 3, p, 555-560, 2001.

BILIBIO, W, D.; CORRÊA, G, F.; BORGES, E, N, Atributos físicos e químicos de um Latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo, **Revista Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v, 34, n, 4, p, 817-822, 2010.

BORTOLETI JUNIOR, A.; GONÇALVES, L, G.; RIBEIRO, M, A, R.; AFONSO, R, O.; SANTOS, R, F.; SOUZA, C, S, S, A importância do plantio direto e do plantio convencional e as suas relações com o manejo e conservação do solo, **Revista Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v, 12, n, 1, p, 1-11, 2015.

BRAMBILLA, J, A.; LANGE, A.; BUCHELT, A, C.; MASSAROTO, J, A, Produtividade de milho safrinha no sistema de integração lavoura-pecuária, na região de Sorriso, Mato Grosso, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v, 8, n, 3, p, 263-274, 2009.

CABEZAS, W, A, R, L, Manejo de gramíneas cultivadas em forma exclusiva e consorciada com *Urochloa ruziziensis* e eficiência do nitrogênio aplicado em cobertura, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v, 10, n, 2, p, 130-145, 2011.

CALEGARI, A.; CASTRO FILHO, C.; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M, F, Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto, **Semina**, Londrina, v, 27, n, 2, p, 147-158, 2006.

CAMARGO, O, A.; ALLEONI, L, R, F, **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**, Piracicaba: ESALQ, p, 132, 1997.

CARVALHO, D, F.; SILVA, D, G.; ROCHA, H, S.; ALMEIDA, W, S.; SOUSA, E, D, S, Evapotranspiration and crop coefficient for potato in organic farming, **Engenharia Agrícola**, v, 33, n, 1, p, 201-211, 2013.

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

CECCON, G.; KURIHARA, C, H.; STAUT, L, A, Manejo de *Urochloa ruziziensis* em consórcio com milho safrinha e rendimento de soja em sucessão, **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v, 19, n, 113, p, 4-8, 2009.

CERETTA, C, A.; BASSO, C, J.; HERBES, M, G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M, J, D, Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada, **Ciência Rural**, Santa Maria, v, 32, n, 1, 2002,

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

COSTA, J, A, Efeito de inundação sobre a soja *Glycine max* (L) Merrill, **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v, 9, n, 1, p, 113-119, 1973,

COSTA, N, R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K, S, M.; YOKOBATAKE, K, L.; FERREIRA, J, P.; MAGALHÃES PARIZ, C.; BONINI, C, S, B.; LONGHINI, V, Z, Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 39, n, 3, p, 852-863, 2015,

CRUZ, J, C.; SILVA, G, H.; PEREIRA FILHO, I, A.; GONTIJO NETO, M, M.; MAGALHÃES, P, C, **Sistema de produção de milho safrinha de alta produtividade: safras 2008 e 2009**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo- Circular Técnico (Infoteca-E), 2011,

CUNHA, F, F, D.; RAMOS, M, M.; ALENCAR, C, A, B, D.; MARTINS, C, E.; CÓSER, A, C.; OLIVEIRA, R, A, D, Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos, **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v, 32, n, 2, p, 351-357, 2010,

FERREIRA, D, F, Sisvar: a computer statistical analysis system, **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, vol, 35, n, 6, p, 1039-1042, 2011,

FONTANA, A.; CAMPOS, D, V, B, Carbono orgânico, TEIXEIRA, P, C.; DONAGEMMA, G, K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W, G, **Manual de métodos de análise de solo**, Ed, 3, EMBRAPA: Brasília, 2017,

BEZERRA, A,R,G.; ERBES, E, J.; ROMEIRO, T,S.; GADENZ, L.; FREITAS, J.; LIMA, A.; SAGGIN, A, **Resultados de Experimentação e Campos Demonstrativos de Soja - Safra 2017/2018**, Fundação MS, v, 3, p, 67, 2018,

BEZERRA, A, R, G.; ERBES, E, J.; ROMEIRO, T, S.; FREITAS, J.; SAGGIN, A, **Resultados de Experimentação e Campos Demonstrativos de Soja - Safra 2016/2017**, Fundação MS, v, 3, p, 80, 2017,

GARCIA-PRÉCHAC, F.; ERNST, O.; SIRI-PRIETO, G.; TERRA, J, A, Integrating no-till into crop–pasture rotations in Uruguay, **Soil and Tillage Research**, v, 77, n, 1, p, 1-13, 2004,

GARCIA, C, M, P.; ANDREOTTI, M; TEIXEIRA FILHO, M,C, M.; LOPES, K, S, M.; BUZETTI, S, Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão, **Bragantia**, Campinas, v, 73, n, 2, p, 143-152, 2014,

HICKMANN, C.; COSTA, L, M.; SCHAEFER, C, E, G, R.; FERNANDES, R, B, A, Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes manejos de longa duração e Mata Atlântica secundária, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 35, n, 6, p, 2191-2198, 2011,

ISERNHAGEN, E, C, C.; RODRIGUES, R, D, A, R.; DIEL, D.; SILVA MATOS, E.; CONCEIÇÃO, M, C, G, Estoques de carbono lábil e total em solo sob integração lavoura-pecuária-floresta na região de Transição Cerrado/Amazônia, **Revista Nativa**, Sinop, v, 5, p, 515-521, 2017,

JAKELAITIS, A.; SILVA, A, A.; FERREIRA, L, R.; SILVA, A, F.; FREITAS, F, C, L, Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-*Urochloa (Urochloa decumbens)*, **Planta Daninha**, Viçosa, v, 22, n, 4, p, 553-560, 2004,

KEMPER, W,D; ROSENAU, R,C, Aggregate stability and size distribution, In: KLUTE, A., **Methods of soil analysis**, 2, ed, Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, p, 425-441, 1986,

KIEHL, E, J, **Manual de edafologia**, São Paulo: Agronômica Ceres, 1979, 262p,

KLIEMANN, H, J.; BRAZ, A, J, P, B.; SILVEIRA, P, M, D, Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico, **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, v, 36, n, 1, p, 21-28, 2006,

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L,P.; OLIVEIRA, I,P, DE; COSTA, J,L, DA S.; SILVA, J,G, DA; VILELA, L.; BARCELLOS, A, DE O.; MAGNABOSCO, C, DE U, (2000), **Sistema Santa Fé-Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**, p, 28, 2000, Embrapa Arroz e Feijão- (Circular Técnica / Embrapa Arroz e Feijão),

LAL, R.; LOGAN, T, J, Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics, **Soil management and greenhouse effect**, p, 293-307, 1995,

LAL, R.; BRUCE, J, P, The potential do world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect, **Environmetal Science & Policy**, v, 2, n, 2, p, 177-185, 1999,

LOSS, A.; PEREIRA, M, G.; GIÁCOMO, S, G.; PERIN, A.; DOS ANJOS, L, H, C, Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com

integração lavoura-pecuária, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v, 46, n, 10, p, 1269-1276, 2012,

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 ciência do solo**, Viçosa, v, 28, n, 1, p, 175-187, 2004,

LUCIANO, R, V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F, T.; KURTZ, C.; FAYAD, J, A, Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico, **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v, 9, n, 1, p, 9-19, 2010,

MACHADO, P, L, D, A, Soil carbon and the mitigation of global climate change, **Química Nova**, São Paulo, v, 28, n, 2, p, 329-334, 2005,

MACHADO, L, A, Z.; DE ASSIS, P, G, G, **Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja**, Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste- Artigo em periódico indexado (ALICE), 2010,

MARCHÃO, R, L.; BALBINO, L, C.; SILVA, E, M.; DOS SANTOS, J, D, D, G.; DE SÁ, M, A, C.; VILELA, L.; BECQUER, T, Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v, 42, n, 6, p, 873-882, 2007,

MARCHÃO, R, L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L, C.; VILELA, L.; BECQUER, T, Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v, 44, n, 8, p, 1011-1020, 2009,

MENDONÇA, V, Z, D.; MELLO, L, M, M, D.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F, C, B, L.; LIMA, R, C.; VALÉRIO FILHO, W, V.; YANO, É, H, Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 37, n, 1, p, 251-259, 2013,

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F,M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F,F, & DEBARBA, L, Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo, In: CURI, N.; MARQUES, J,J.; GUILHERME, L,R,G.; LIMA, J,M.; LOPES, A,S, & ALVAREZ V., V,H, **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v,3, p,209-248, 2003,

MORAES, M, T, D.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J, C.; SILVA, V, R, D, Critical limits of soil penetration resistance in a Rhodic Eutradox, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v, 38, n, 1, p, 288-298, 2014,

MÜLLER, M, D.; FERNANES, E, N.; CASTRO, C, R, T, de; PACIULLO, D, S, C.; ALVES, F de F, Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na zona da mata mineira, **Pesquisa Florestal Brasileira**, Brasília, n, 60, p, 11-17, 2010,

MUNDSTOCK, C, M.; THOMAS, A, L, **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005,

NANZER, M, C.; ENSINAS, S, C.; BARBOSA, G, F.; BARRETA, P, G, V.; OLIVEIRA, T, P.; SILVA, J, R, M.; PAULINO, L, A, Estoque de carbono orgânico total e fracionamento granulométrico da matéria orgânica em sistemas de uso do solo no Cerrado, **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v, 18, n, 1, p, 136-145, 2019,

OADES, J, M, Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management, **Plant and Soil**, Dordrecht, v,76, p,319- 337, 1984,

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J, L.; SANTOS, D, C, **Sistema Santa Brígida - tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas**, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010, p,16 (Embrapa Arroz e Feijão, Circular técnica, 88),

OLIVEIRA, I, P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L, P.; DUTRA, L, G.; PORTES, T, de A.; SILVA, A, E.; PINHEIRO, B, S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E, da M.; GUIMARÃES, C, M.; GOMIDE, J, de C.; BALBINO, L, C, **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**, Goiânia: EMBRAPA CNPAF, 90 p, (EMBRAPA-CNPAF, Documentos, 64), 1996,

PARIZ, C, M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A, F.; BUZETTI, S.; COSTA, N, R.; CAVALLINI, M, C.; ULIAN, N, A.; LUIGGI, F, G, Yield, chemical composition and chlorophyll relative content of Tanzania and Mombaça grasses irrigated and fertilized with nitrogen after corn intercropping, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v, 40, n, 4, p, 728-738, 2011b,

PACHECO, L, P.; PIRES, F, R.; MONTEIRO, F, P.; PROCÓPIO, S, de O.; ASSIS, R, L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M, L.; PETTER, F, A, Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas, **Planta Daninha**, Viçosa, v, 27, n, 3, p, 455-463, 2009,

PACHECO, L, P.; LEANDRO, W, M.; ALMEIDA MACHADO, P, L, O.; DE ASSIS, R, L., COBUCCI, T., MADARI, B, E., PETTER, F, A, Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v, 46, n, 1, p, 17-25, 2011,

PORTUGAL, A.; FONTES, L.; LANI, J.; SCHAEFER, C.; FERNANDES FILHO, E, I, Alterações em propriedades físicas do solo em ecossistemas de floresta após a implantação de pastagem no extremo oeste do Acre, In: ARAÚJO, E, A.; LANI, J, L, **Uso sustentável de ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental**, Rio Branco: SEMA, 2012, p, 142,

PEREIRA JÚNIOR, P.; REZENDE, P, M.; MALFITANO, S, C.; LIMA, R, K.; CORRÊA, L, V, T.; CARVALHO, E, R, Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja *Glycine max* (L.) Merrill, **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v, 34, n, 4, p, 908-913, 2010,

PEREIRA, M, F, S., JÚNIOR, J, N., DE SÁ, J, R., LINHARES, P, C, F., NETO, F, B., SOUZA PINTO, J, R, Ciclagem do carbono do solo nos sistemas de plantio direto e convencional, **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v, 9, n, 2, p, 21-32, 2013,

RAIJ, B, VAN; QUAGGIO, J, A, **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**, Campinas: Instituto Agrônomo, p, 31, 1983, (Boletim técnico, 81),

REICHERT, J, M.; REINERT, D, J.; BRAIDA, J, A, Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas, **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v, 27, n, 1, p, 29-48, 2003,

REYNOLDS, W,D.; BOWMAN, B,T.; DRURY, C,F.; TAN, C, S.; LU, X, Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters, **Geoderma**, v, 110, n, 1-2, p, 131-146, 2002,

RIBON, A, A.; CENTURION, J, F.; CENTURION, M, A, P, C.; FERNANDES, K, L.; HERMÓGENES, V, T, L, Alterações na estabilidade de agregados de Latossolo e argissolo em função do manejo, na entrelinha da seringueira (*Hevea brasiliensis*), **Revista Árvore**, Viçosa, v, 38, n, 6, p, 1065-1071, 2014,

ROSOLEM, C, A.; FOLONI, J, S, S.; OLIVEIRA, R, H, Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v, 38, n, 2, p,301-309, 2003,

SÁ, J, C, M.; SÉGUY, L.; GOZÉ, E.; BOUZINAC, S.; HUSSON, O.; BOULAKIA, S.; TIVET, F.; FOREST, F.; SANTOS, J,B, Carbon sequestration rates in no-tillage soils under intensive cropping systems in tropical agroecozones, **Revista Edafologia**, v, 13, n, 3, p,139-150, 2006,

SÁ, J, C, M.; GONÇALVES, D, R, P.; FERREIRA, L, A.; MISHRA, U.; INAGAKI, T, M.; FURLAN, F, J, F.; MORO, R, S.; FLORIANI, N.; BRIEDIS, C.; FERREIRA, A, O, Soil carbon fractions and biological activity based indices can be used to study the impact of land management and ecological successions, **Ecological Indicators**, v, 84, p, 96-105, 2018,

SALES, R, P.; PORTUGAL, A, F.; MOREIRA, J, A, A.; KONDO, M, K.; PEGORARO, R, F, Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido, **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v, 47, n, 3, p, 429-438, 2016,

SALTON, J, C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P, C.; FABRÍCIO, A, C.; MACEDO, M, C, M.; BROCH, D, L, Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 32, n, 1, p, 11-21, 2008,

SALTON, J, C.; KICHEL, A, N.; ARANTES, M.; KRUKER, J.; ZIMMER, A.; MERCANTE, F.; ALMEIDA, R, G, (2013), **Sistema São Mateus-Sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense**, Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste- Comunicado Técnico (INFOTECA-E),

SALTON, J, C.; TOMAZI, M, (2014), **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**, 2014, Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Comunicado Técnico (INFOTECA-E),

SANTOS, J, B.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A, A.; VIVIAN, R.; COSTA, M, D.; SILVA, A, F, Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional, **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v, 23, n, 4, p, 683-691, 2005,

SANTOS, H, P.; FONTANELI, R, S.; SPERA, S, T.; TOMM, G, O, Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto, **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v, 31, n, 4, p, 719-727, 2009,

SANTOS, G, G.; SILVEIRA, P, M.; MARCHÃO, R, L.; PETTER, F, A.; BECQUER, T, Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, Campina Grande, v, 16, n, 11, p, 1171- 1178, 2012,

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

SANTOS, F, C.; KURIHARA, C, H.; DE RESENDE, A, V.; ALVARENGA, R, C.; ALBUQUERQUE FILHO, M, R, **Arranjo de plantas de braquiária em consórcio com a cultura do milho**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnico (Infoteca-E), 2014,

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L, R, D, A.; CRUZ, M, C, P, D.; LUGÃO, S, M, B.; CAMPOS, F, P, D.; CENTURION, J, F.; FERREIRA, M, E, Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq, cv, IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v, 32, n, 1, p, 183-193, 2008,

SCHÖFFEL, E, R, **Épocas de semeadura, fenologia, características fisiológicas e agrônômicas de três cultivares de soja**, 2001, Tese (Doutorado em Produção Vegetal) UNESP- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2001,

SEIDEL, E, P.; GERHARDT, S.; FERNANDO, I.; CASTAGNARA, D, D.; NERES, M, A, Efeito da época e sistema de semeadura da *Urochloa brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo, **Semina- Ciências Agrárias**, Londrina, v, 35, n, 1, p, 55-66, 2014,

SEIDEL, E, P., W.; MOTTIN, M, C.; FEY, E.; SCHNEIDER, A, P, R.; SUSTAKOWSKI, M, C, Evaluation of aggregate distribution and selected soil physical properties under maizejack bean intercropping and gypsum rates, **African Journal of Agricultural Research**, v, 12, n, 14, p, 1209-1216, 2017,

SILVA, D, V,; PEREIRA, G, A, M,; FREITAS, M, A, M,; SILVA, A, A,; SEDIYAMA, T,; SILVA, G, S,; FERREIRA, L, R,; CECON, P, R, Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com *Urochloa*, **Ciência Rural**, Santa Maria, v, 45, n, 8, p, 1394-1400, 2015,

SILVA, G, N, **Sistemas de manejo e uso do solo sobre as frações e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo sob cerrado**, 2016, p, 44, Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016,

SILVA, J, S, **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**, ed, 2, Viçosa-MG: Aprenda Fácil, v, 1, p, 560, 2008,

SINGH, K, A, Effect of nitrogen levels on yield, root biomass distribution, nitrogen recovery by forage grasses and changes in soil properties of acid Inceptisol, **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v, 69, n, 8, p, 551-554, 1999,

SOUZA, E, D,; COSTA, S, E, V, G,; LIMA, C, V, S,; ANGHINONI, I,; MEURER, E, J,; CARVALHO, P, C, F, Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 32, n, 3, p, 1273-1282, 2008,

STOLF, R, Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 15, n, 1, p, 229-235, 1991,

STONE, L, F,; SILVEIRA, P, M, Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 25, n, 2, p, 395-401, 2001,

STUMPF, L,; PAULETTO, E, A,; PINTO, L, F, S,; PINTO, M, A, B,; JUNIOR, L, A, D,; SCHEUNEMANN, T, Sistema radicular da *Urochloa brizantha*: desenvolvimento e influência nos atributos de um solo degradado, **Revista Interciencia**, Santiago, v, 41, n, 5, p, 334-339, 2016,

THOMASSON, A, J, Towards an objective classification of soil structure, **Journal of Soil Science**, Washington, v, 29, n, 1, p, 38-46, 1978,

TIMOSSI, P, C,; DURIGAN, J, C,; LEITE, G, J, Formação de palhada por *Urochloas* para adoção do sistema plantio direto, **Bragantia**, Campinas, v, 66, n, 4, p, 617-622, 2007,

TONUCCI, R, G,; NAIR, P, K, R,; NAIR, V, D,; GARCIA, R,; BERNARDINO, F, S, Soil carbon storage in silvopasture and related land-use systems in the brazilian cerrado, **Journal of Environmental Quality**, Madison, v, 40, n, 3, p, 833-41, 2011,

TORMENA, C, A,; ARAÚJO, M, A,; FIDALSKI, J,; COSTA, J, D, Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférrico sob sistemas de plantio direto, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 31, n, 2, p, 211-219, 2007,

VIANA, J, H, M.; TEIXEIRA, W, G.; DONAGEMMA, G, K, Umidade atual, TEIXEIRA, P, C.; DONAGEMMA, G, K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W, G, **Manual de métodos de análise de solo**, Ed, 3, Brasília: EMBRAPA, 2017,

VILELA, L.; MACEDO, M,C,M.; MARTHA JÚNIOR, G,B.; KLUTHCOUSKI, J, Benefícios da integração lavoura-pecuária, In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L,F.; AIDAR, H, (Ed.), **Integração lavoura-pecuária**, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p,145-170, 2003,

WALKLEY, A.; BLACK, I,A, An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method, **Soil Science**, v, 37, n, 1, p, 29-38, 1934,

WENDLING, B.; FREITAS, I, C, V.; OLIVEIRA, R, C.; BABATA, M, M.; BORGES, E, N, Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de Conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e Plantio direto, **Bioscience Journal**, v, 28, n, 1, p, 256-265, 2012,

YODER, R, E, A direct method of aggregate analysis soils and a study of the physical nature of erosion losses, **Journal American Society Agronomy**, Madison, v, 28, p, 337-351, 1936,

ZINN, Y,L.; LAL, R.; RESCK, D,V,S, Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil, **Soil & Tillage Research**, v, 84, p, 28-40, 2005,