

UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

SUCESSÃO DE CULTURAS COM CONSÓRCIO NA SAFRINHA NOS
ATRIBUTOS FÍSICOS E FRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO EM
SOLO DE CERRADO

RANIER VIEIRA FERREIRA

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL

2019

RANIER VIEIRA FERREIRA

**SUCESSÃO DE CULTURAS COM CONSÓRCIO NA SAFRINHA NOS ATRIBUTOS
FÍSICOS E FRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO EM SOLO DE CERRADO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação-- (CIP)

F443e Ferreira, Ranier Vieira

Sucessão de culturas com consórcio na safrinha nos atributos físicos e frações de carbono orgânico em solo de cerrado / Ranier Vieira Ferreira. — 2019.

50f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Rose Luiza Moraes Tavares.

Coorientadora: Profa. Dra. June Faria Scherrer Menezes.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2019.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. *Zea mays* L. 2. *Sorghum bicolor*. 3. *Brachiaria ruzizienses*. 4. *Consórcio agrícola*. I. Tavares, Rose Luiza Moraes. II. Menezes, June Faria Scherrer.

CDD: 633.15

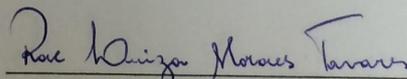
Elaborada por Fernanda Castro - Bibliotecária CRB1/3191

RANIER VIEIRA FERREIRA

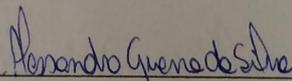
**SUCCESSÃO DE CULTURAS COM CONSÓRCIO NA SAFRINHA NOS ATRIBUTOS
FÍSICOS E FRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO EM SOLO DE CERRADO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

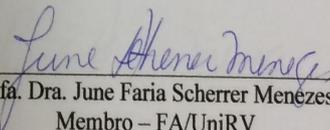
APROVAÇÃO: 24 de setembro de 2019



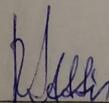
Prof. Dra. Rose Luiza Moraes Tavares
Presidente da Banca Examinadora



Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Membro – FA/UniRV



Prof. Dra. June Faria Scherrer Meneses
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Renato Lara de Assis
Membro – IFGoiano - Iporá

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o suporte do Programa de Pós-graduação, em Produção Vegetal da Universidade de Rio Verde/GO e foi financiado em parte, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) "código de financiamento 001"

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
RESUMO GERAL.....	vi
ABSTRACT GERAL.....	vii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Potencial de consórcio sorgo e milho com braquiária na safrinha.....	2
2.2 Estoque de carbono no solo.....	3
2.3 Fracionamento Físico da MOS.....	6
2.4 Resistência a penetração do solo e densidade do solo.....	8
CAPÍTULO I: ESTRATÉGIAS DE ENTRESSAFRA VISANDO A QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO BRASILEIRO.....	10
RESUMO.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1 Área experimental.....	12
2.2 Amostragem.....	14
2.3 Análise de solo.....	14
2.4 Análise estatística.....	15
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
3.1 Monocultivo x Consórcio agrícola.....	17
3.1.1 Sorgo e Braquiária (Estratégia 1).....	17
3.1.2 Milho e Braquiária (Estratégia 2).....	19
4 CONCLUSÕES.....	20
CAPÍTULO II: ESTOQUE DE CARBONO E FRAÇÕES ORGÂNICAS DE UM LATOSSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO.....	21
RESUMO.....	21
1 INTRODUÇÃO.....	22
2 MATERIAL E METODOS.....	23

2.1 Área Experimental.....	23
2.2 Amostragem.....	24
2.2 Análises de solos.....	24
2.3 Análise estatística.....	25
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	30
ANEXO.....	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Caracterização química do solo em área sob sistema de plantio direto em Rio Verde/GO.....	13
TABELA 2	Resumo da análise de variância com valores de Fc calculado e nível de significância para atributos do solo, em área com histórico de cultivo sendo monocultivo/consórcio de sorgo/milho, com braquiária, no período de entressafra, em Rio Verde-GO.....	16
TABELA 3	Valores médios de atributos físicos do solo, em área sob diferentes históricos de cultivo, sendo monocultivo/consórcio de sorgo/milho, com braquiária no período de entressafra ,em Rio Verde-GO.....	17
TABELA 4	Caracterização química do solo, em área de Cerrado com histórico de cultivo de soja (safra) e milho (safrinha) em Rio Verde-GO.....	23
TABELA 5	Histórico de uso da área e período de avaliação do solo.....	24
TABELA 6	Resumo da análise de variância (Fc calculado) de atributos do solo, sob diferentes sistemas de cultivo agrícola, em Rio Verde-GO.....	26
TABELA 7	Valores médios de atributos físicos do solo, em área sob diferentes históricos de cultivo, sendo monocultivo/consórcio de sorgo com braquiária avaliando umidade (Umi), estoque de carbono orgânico (EstC), Carbono orgânico (Corg), Carbono da fração leve (C-FL), Carbono da fração particulada (C-FP), e carbono da fração mineral (C-FM), no período de entressafra, em Rio Verde-GO.....	27
TABELA 8	Valores médios de produtividade de soja (safra) e quantidade de palhada (safrinha) em área, com histórico de plantio de sorgo e braquiária, em monocultivo ou consórcio agrícola.....	29

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Dados de precipitação mensal (Dados INMET) e histórico de uso de área sob sistema de plantio direto em Rio Verde-GO.....	13
FIGURA 2	Efeito do uso de cultivos solteiros e consorciados durante a safrinha para massa seca.....	18
FIGURA 3	Efeito do uso de cultivos solteiros e consorciados durante a safrinha para massa seca.....	19
FIGURA 4	Distribuição de frações orgânicas do solo (a) e produção de massa seca (b) em área sob sistema de monocultivo e consórcio agrícola de sorgo e brachiaria.....	28

RESUMO GERAL

FERREIRA, Ranier Vieira. **Sucessão de culturas com consórcio na safrinha nos atributos físicos e frações de carbono orgânico em solo de cerrado.** 2019, 49p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade de Rio Verde, Rio Verde-GO, 2019.

O sorgo e o milho são alternativas viáveis, como cultura no período de entressafra (“safrinha”) no Brasil Central, principalmente para a produção de grãos, em sucessão ao cultivo da soja, porém, consórcios entre essas culturas com outras espécies são aprimorados, visando alcançar maiores produtividades nas lavouras, envolvendo culturas com sistemas radiculares diversificados, como a combinação sorgo/braquiária ou milho/braquiária. Com isto, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física do solo, em área com diferentes manejos na entressafra (uso de culturas sob monocultivo ou consórcio agrícola envolvendo sorgo, milho e braquiária). O ensaio foi conduzido com delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos compostos por áreas, com diferentes históricos de uso: na safra, o cultivo de soja e na safrinha o cultivo de sorgo, milho e braquiária com sistema de monocultivo ou consórcio (cultura e braquiária). Para o capítulo II, foram avaliadas propriedades físicas do solo como: densidade, porosidade, resistência à penetração, umidade e textura, além do teor de carbono orgânico. E para o capítulo III, o estoque de carbono e frações da matéria orgânica do solo. As avaliações de solo foram feitas nas camadas 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm de profundidade. Os resultados mostraram que no período de entressafra, o cultivo solteiro de braquiária promoveu maior umidade no solo, menores valores de resistência do solo à penetração e maior quantidade de matéria seca. Enquanto que, os sistemas de consórcio tendem a promoverem maior teor de carbono no solo, sendo que o sistema milho/braquiária aumentou a quantidade de carbono e o sorgo/braquiária aumentou o estoque de carbono, com liberação de frações orgânicas mais lábeis, na superfície do solo.

Palavras-chave: *Zea mays L*, *sorghum bicolor*, *brachiaria ruzizienses*, consórcio agrícola.

GENERAL ABSTRACT

FERREIRA, Ranier Vieira. **Crop succession with intercropping in safrinha on physical attributes and organic carbon fractions in cerrado**. 2019, 49p. Dissertation (Master in Plant Production) University of Rio Verde, Rio Verde-GO, 2019.

Sorghum and corn are viable alternatives as a crop in the off-season. (“Safrinha”) in Central Brazil, mainly for grain production, in succession to the soybean cultivation, however, intercropping between these crops with other species is improved, aiming to achieve higher crop yields, involving diverse root systems such as sorghum / brachiaria or maize / brachiaria. With Therefore, this work aimed to evaluate the physical quality of the soil, in an area with different management in the off season (use of monoculture crops or agricultural involving sorghum, corn and brachiaria). The assay was conducted with block design. randomized, with four repetitions, being the treatments composed by areas, with different use histories: in the crop, the cultivation of soybean and in the off season the cultivation of sorghum, corn and brachiaria with monoculture or consortium system (culture and brachiaria). To the chapter II, were evaluated physical properties of the soil as density, porosity, resistance to penetration, moisture and texture, as well as organic carbon content. In addition, for chapter III, the carbon stock and fractions of soil organic matter. Soil assessments were made in the layers 0-10 cm, 10-20 cm and 20-40 cm deep. The results showed that in the In the off-season, single brachiaria cultivation promoted higher soil moisture, lower values of soil penetration resistance and higher amount of dry matter. While intercropping systems tend to promote higher soil carbon content, the corn / brachiaria system increased the amount of carbon and the sorghum / brachiaria increased carbon stock with release of more labile organic fractions on the surface from soil.

Keywords: *Zea mays* L, sorghum bicolor, brachiaria ruzizienses, agricultural consortium

1 INTRODUÇÃO GERAL

O sorgo e o milho são alternativas como culturas de entressafra no Brasil Central, principalmente, para a produção de grãos em sucessão ao cultivo da soja. Porém, consórcios entre essa gramínea e outras espécies precisam ser aprimorados, para desenvolver os sistemas de produção de lavouras anuais, envolvendo culturas com sistema radicular diversificados, como gramíneas forrageiras perenes, que alocam uma maior fração do C fotossintetizado para as raízes do que culturas anuais sendo mais eficientes em aumentar os estoques de carbono orgânico total (COT) do solo.

O uso da braquiária propicia boa cobertura vegetal ao solo, o que impede ou diminui a ação erosiva das gotas de chuva e mantém mais uniforme a umidade e a temperatura do solo; além disso, acarreta melhor desenvolvimento do sistema radicular das culturas, em consórcio/rotação e maior atividade microbiana, que contribuem para a criação de um ambiente mais favorável à agregação do solo, em comparação à áreas sem uso de braquiária, no sistema.

Em sistemas agrícolas, o uso e o manejo do solo atuam modificando, tanto a entrada, como a saída de C do solo para a atmosfera, em função da produção diferenciada de resíduos, do número de cultivos, das espécies vegetais, da adubação, dos procedimentos de colheita, dos métodos adotados de preparo do solo e do manejo dos restos culturais. Práticas agrícolas que proporcionam e preservam o teor de matéria orgânica no solo (MOS) tornam-se necessárias para a conservação do solo, ao mesmo tempo promovendo maior produtividade das culturas agrícolas.

Nesse sentido, o sistema de plantio direto possui grande contribuição, no estoque de carbono no solo, além de ser considerado um sistema conservacionista devido ao mínimo revolvimento do solo, o que preserva a sua estrutura e também, à grande quantidade de resíduos vegetais depositados sobre o solo o que promove maior adição de matéria orgânica e consequentemente melhorando a densidade e porosidade do solo.

O uso do fracionamento físico em estudos de MOS possibilita a separação de diferentes compartimentos orgânicos, cada qual respondendo, de forma distinta, às diferentes práticas de uso e manejo do solo, em regiões temperadas, esse procedimento tem sido usado com maior frequência nos estudos que avaliam os compartimentos e a biodisponibilidade da MOS, sendo, desse modo, pertinente o uso dessa ferramenta nas condições de solos

brasileiros, já que a MO desempenha na regiões tropicais papel essencial no manejo agrícola comparado às regiões de clima temperado.

Portanto, este trabalho teve como objetivo verificar quais sistemas melhoraram a qualidade física do solo, fornecendo palhada de qualidade, ao sistema de plantio direto, ocasionando maiores produtividades, nas culturas subsequentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Potencial de consórcio sorgo e milho com braquiária na safrinha

O município Rio Verde-GO apresenta grande importância, com o cultivo de milho, sorgo e braquiária na produção de grãos e palhada na entressafra, pois a produção atende parcialmente a crescente demanda das agroindústrias da região.

Segundo Rezende et al. (2016), o sorgo granífero possui um alto poder competitivo por possuir maior vigor de plântulas comparado às forrageiras, assim o mesmo terá o seu crescimento acelerado, o que pode interferir negativamente no acúmulo de massa seca da forrageira, quando as espécies estão em consórcio, porém, isto não significa que o sistema de consórcio não possa ser benéfico, pois apesar do efeito do sorgo na redução do crescimento das forrageiras, o rendimento para o desenvolvimento de pasto no período entressafra, em geral, não é alterado.

Por possuir este efeito de alélopata, aliado ao seu hábito de crescimento, o sorgo é uma cultura bastante competitiva por nutrientes água e luz, podendo ser utilizada no controle de plantas daninhas (SODRÉ FILHO, 2013). Assim, como encontrado por Rezende et al. (2016), o sorgo apresentou crescimento vegetativo antecipado, em consórcio com braquiária e observaram que a massa seca da braquiária só foi maior quando cultivada em sistema de monocultivo.

De acordo com Neto et al. (2014), avaliando grãos e forragens em diferentes sistemas de cultivo, observaram uma competição das espécies sorgo e braquiária em consórcio, sendo que não afetou a cultura de safra. O sombreamento adquirido pelo sorgo devido ao seu porte elevado após o florescimento conduziu-se em uma supressão negativa da braquiária, em que se obteve uma vantagem, em relação à diminuição do acamamento na cultura do sorgo, no peso de grãos e a altura das plantas (NETO et al., 2014).

As gramíneas do gênero *Brachiaria* possuem alta adaptabilidade, principalmente no clima centro-oeste brasileiro, favorecendo a cobertura vegetal do solo, rotação de cultura e a utilização como pastejo no outono-inverno (RIBEIRO, 2014). A quantidade de massa seca promove maior umidade do solo, porém há uma restrição à relação C/N quando comparada ao sorgo, cujo fator acelera o processo de decomposição dos resíduos sobre o solo (ROSSI et al., 2013).

Apesar de não existir um maior número de estudos e afirmativas exatas, em relação a este consórcio, as pesquisas estão se tornando cada vez mais crescente, porém o sorgo já está sendo utilizado principalmente, para a produção de grãos no período de entressafra, possuindo maior escassez de chuva, além de ser uma cultura que permite uma boa adaptação (RIBEIRO, 2014). O consórcio de milho com gramínea na entressafra, sobretudo as braquiárias, vem ganhando espaço nos sistemas de produção, sendo considerado um sistema capaz de fornecer palha em quantidades adequadas ao SPD.

A *Brachiaria Ruziziensis* (*Urochloa ruziziensis*) é uma espécie que se destaca nesse sistema, por apresentar adequado crescimento em solos com baixa fertilidade, boa resistência à seca e ao frio, elevada taxa de crescimento, facilidade de dessecação com glifosato e grande produção de massa, proporcionando excelente cobertura do solo (BALBINOT JUNIOR et al., 2017). Além disso, devido à sua alta relação C/N, possibilita a longevidade da cobertura do solo. Neste contexto, o consórcio de *Brachiaria Ruziziensis* com o milho representa uma importante alternativa, para manter o milho como cultura de segunda safra, em sucessão à soja e, ao mesmo tempo, manter ou melhorar a qualidade do solo (CECCON, 2007).

O sucesso desses sistemas no cerrado se deve ao fato de que a palhada acumulada pelas plantas de cobertura ou das pastagens e restos culturais de lavouras comerciais, proporciona um ambiente favorável à recuperação ou manutenção das propriedades do solo (SANTOS et al., 2008). A semeadura da soja sobre braquiária dessecada se destaca, como forma interessante de adoção do sistema plantio direto, haja vista que, a pastagem apresenta excelente cobertura, contribuindo para o aumento da matéria orgânica do solo e permitindo a rotação de culturas (EMBRAPA, 2006). Portanto, uma das modalidades do emprego da palha de braquiária é a utilização dessa gramínea, como antecessora da semeadura da soja de verão.

2.2 Estoque de carbono no solo

O solo desempenha papel fundamental, no estoque de carbono orgânico, sendo considerado o principal reservatório temporário no ecossistema. De acordo com Dick et al.

(2009), o principal processo de adição de material orgânico ao solo tem a planta como componente ativo, conseqüentemente, o estoque de matéria orgânica é resultado dos processos de adição e perda de material orgânico, em que as plantas e os microrganismos desempenham papel fundamental nessa dinâmica. O carbono pode se acumular em frações lábeis ou estáveis da matéria orgânica no solo (MOS), o que pode ter implicações na duração do seu efeito, sobre as propriedades do solo (REIS et al., 2016; AMORIM, 2016).

O carbono contido no solo está relacionado diretamente ao processo de decomposição da biomassa pelas atividades bacterianas presentes no meio. Por meio do processo de mineralização do carbono orgânico, parte deste existente no solo volta à atmosfera. O restante do carbono orgânico é transportado pelos rios até chegar aos oceanos, se depositando sob a forma de carbonatos (CO_3) (ROSA et al., 2014). Os mais diversos estudos apresentados demonstram que, muitas variáveis podem controlar os estoques de C no solo. Em escala regional, as variáveis climáticas, como temperatura e precipitação pluvial, exercem grande importância. Na esfera local, as propriedades do solo, como densidade e fertilidade natural, ganham destaque (ASSAD et al. 2013).

O solo retém em média, 4,5 vezes mais carbono, do que a biota e 3,3 vezes mais do que a atmosfera. Com esses valores de estoque de carbono presentes no solo e na biota é explícito que a preservação desses reservatórios é de suma importância, para o equilíbrio da concentração do gás carbônico na atmosfera (EMBRAPA, 2007). Devido a isso, diferentes frações da matéria orgânica do solo, como o carbono orgânico particulado (COP) e o carbono associado aos minerais (CAM), são utilizados como indicadores de qualidade do solo, estes são sensíveis às alterações de manejo do solo, do que o carbono orgânico total (COT), conforme observado em diversos trabalhos (FACCIN et al., 2017; KUNDE et al., 2016; LEAL et al., 2016; SALTON et al., 2012; LOSS et al., 2011).

O COP contribui com cerca de 3 a 20% do COT do solo e é composto, principalmente, por restos vegetais, em vários estágios de alteração, apresentando partículas maiores, que 0,053mm (CONCEIÇÃO, 2006). Esta fração pode apresentar-se em elevadas quantidades na camada mais superficial de solos sob plantio direto, por conta do maior aporte de resíduos em sua superfície. Por outro lado, o COP pode apresentar-se em maiores quantidades nas camadas inferiores a 0,05m em solos sob plantio convencional, devido à incorporação dos resíduos em profundidade, conforme observado por Amorim (2016).

Adicionalmente, ao considerar a fração lábil (COP) e não lábil (CAM) da matéria orgânica do solo, muitos autores adotam o índice de manejo de carbono (IMC) para comparar sistemas de manejo quanto à capacidade de melhorar a qualidade do solo, enfatizando que,

quanto maior o valor de IMC, maior é a qualidade do manejo (LEAL et al., 2016; SOUZA et al., 2016; REIS et al., 2016).

Uma forma de avaliar ou determinar a relação existente entre as práticas de manejo e a qualidade do solo é através do monitoramento de seus atributos (LAL, 2015), principalmente àqueles ligados, à sua condição física, pois são os que apresentam maior vulnerabilidade às mudanças no sistema de manejo (CUNHA et al., 2012). De acordo com Brady e Weill (2013), práticas específicas para reduzir as perdas de carbono em ecossistemas agrícolas incluem um melhor controle da erosão do solo e o uso de cultivos conservacionistas, como o plantio direto na palha. Consequentemente, os solos sob estes manejos apresentam, ao longo do tempo, uma melhor qualidade física, química e biológica, garantindo a produtividade das culturas e a conservação do ambiente.

De todo o C orgânico no solo, uma parte considerável encontra-se na forma de matéria orgânica do solo (MOS). Entretanto, o material orgânico no solo é facilmente decomposto quando se realizam práticas de manejo não conservacionistas, causando agravamento no efeito estufa, devido à liberação de gases de efeito estufa (GEE), como CO₂, CH₄ e N₂O (CERRI et al., 2007). Por outro lado, o aumento do estoque de MOS é um processo lento e necessita de um manejo adequado, notadamente em regiões de clima tropical, onde a taxa de decomposição é mais acentuada devido às altas temperaturas e umidade do solo (SIX et al., 2002).

Andraus et al. (2013), expõe que o aumento dos estoques de matéria orgânica nos sistemas agrícolas depende de alguns fatores, como: quantidade de palha, tipo de rotação de cultura adotada, grau de revolvimento do solo, clima da região e doses de fertilizantes aplicadas nos sistemas. O sistema plantio direto melhora a qualidade do solo, em relação ao plantio convencional, devido a disponibilidade de MO, este fator é atrelado ao manejo adequado do sistema. De acordo com estudo realizado por Embrapa (2014) o acúmulo de MO em pastagem, em profundidade é proveniente do sistema radicular ativo e vigoroso. Normalmente pastagens degradadas apresentam sistemas radiculares superficiais devido as condições inadequadas de desenvolvimento da raiz.

Em ecossistemas naturais, o solo apresenta um conteúdo de carbono orgânico estabilizado, que reflete as condições ambientais determinadas pelo clima, vegetação, topografia, e, por características do próprio solo. Contudo, esse estado é alterado quando o solo passa a ser utilizado para fins agrícolas (BRAIDA e REICHERT, 2014). Quando o sistema solo perde carbono, devido a redução dos teores de matéria orgânica do solo, gera

uma diminuição de sua qualidade (LAL, 2015), interferindo na sua agregação (SOUZA et al., 2016; FONTE et al., 2014), porosidade e densidade (ROSSETTI e CENTURION, 2015).

As formas de uso e manejo do solo são responsáveis pela entrada de carbono no sistema, bem como pela sua saída do solo para atmosfera. Nos sistemas agrícolas, essa entrada/saída de carbono é muito influenciada pelo preparo do solo, espécies utilizadas, rotações de culturas, adubação e, principalmente, pelo manejo dos resíduos das culturas (COSER et al., 2016; CAMPOS et al., 2011).

O COT é um indicador que depende dos processos de síntese, e de decomposição e mineralização da MOS, ele é formado principalmente pelas transformações dos resíduos orgânicos, originando compostos coloidais relativamente estáveis, com alto tempo de estabilização (WIESMEIER et al., 2019). Em diversos estudos já foi demonstrado que a conversão da vegetação nativa em solos agrícolas resulta em perdas do COT (KOPITKE et al., 2017; TANG et al., 2019).

Em estudo de Boeni et al. (2014), quando compararam sistemas de integração lavoura pecuária (ILP) com monocultivos, obtiveram maiores concentrações de C orgânico no solo, provavelmente devido à grande adição de biomassa e à menor perturbação do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária durante períodos maiores do que 3 anos. Em outros estudos (LUDKIEWICZ et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2018) foi verificado que quando não existem restrições de fertilidade do solo, os sistemas de integração lavoura-pecuária podem promover acúmulo de COT mesmo em curto prazo.

2.3 Fracionamento Físico da MOS

A matéria orgânica do solo compõe frações de carbono, com diferentes pesos moleculares, o que refletirá no nível de disponibilidade de carbono no solo, sendo dividida em: C da fração leve (C-FL), fração particulada (C-FP) e C ligado à fração mineral do solo (C-FM). Para entender o fracionamento físico é essencial saber que o solo, em geral, é constituído por um complexo organomineral (MOS + partículas do solo: areia, silte e argila) que são divididos de acordo com o tamanho da partícula. Esse complexo promove mecanismos de proteção da MOS contra a decomposição (recalcitrância das moléculas orgânicas) (ROSCOE e MACHADO, 2002).

De acordo com Santos et al. (2015), a fração leve relaciona-se com a MOS não complexada, aos agregados do solo, por isso estaria mais disponível, aos microrganismos do solo a realizarem os processos biogeoquímicos, que ocorrem nele. A fração leve livre

inicialmente oferece a entrada de carbono no solo, porém quando o assunto é permanência no solo, deve-se atentar a outro fator como os mecanismos existentes na proteção física e química da MOS (SANTOS et al., 2015).

Em estudo de Roscoe e Machado (2002), sobre a quantidade de C-FL, observou-se que solo com pastagens cultivadas possuem uma tendência na manutenção e abundância desta fração, enquanto as culturas anuais promovem reduções marcantes, e ainda ressaltam a importância do plantio direto, para o aumento de C-FL em comparação ao plantio convencional. A fração leve é um atributo que pode refletir mudanças no solo de acordo, com o sistema de cultivo utilizado e normalmente é possível dizer que há um acúmulo desta fração nos horizontes superficiais (LOSS et al., 2010).

A fração C-FP é considerada lábil dependendo do seu processo de extração e por ser sensível ao tipo de manejo de solo. De acordo com Rossi et al (2012), ressalta que este compartimento é utilizado como um indicador da qualidade do solo para avaliar o manejo adicionado recentemente, mesmo que as alterações no conteúdo de COT do solo ainda não tenha sido de grande magnitude.

De acordo com Schiavo et al. (2011), o C-FP pode conter pequenas ou grandes quantidades de C (2 a 30%). Possuem algumas funções que as diferem: fonte de alimento e energia para os organismos; estabilização dos agregados, interfere na taxa de infiltração de água e na aeração do solo, capacidade de troca de cátions (CTC). Segundo Balin et al. (2017), o C-FP corresponde cerca de 3 a 20% do COT do solo, sendo representado por restos vegetais em vários estágios de decomposição, por isto pode haver uma quantidade de aporte de resíduos de maneira elevada nas camadas superficiais, principalmente em sistema de plantio direto.

O C-FM é mais estável no solo, o que implica na baixa sensibilidade de quantificação nas mudanças de manejo com isso, o estoque de carbono é caracterizado de médio a longo prazo (SALTON et al, 2005).

Em um estudo feito por Mitton et al, (2017), analisando um Latossolo Vermelho distrófico, notaram que a fração argila proporcionou maior capacidade de estocar C e N seguida das frações silte e areia ressaltando que a MOS associada a fração mineral é considerado estável devido sua maior recalcitrância ou pela ligação organomineral com partículas de argila. Estes estudos indicam que o fracionamento físico da MOS pode ser utilizado como indicador da qualidade do solo para avaliação dos sistemas de manejo atuais, nos quais o COT não apresentaria uma alta proporção nos valores (ROSSI, 2009).

2.4 Resistencia a penetração do solo e densidade do solo

A prática do cultivo mínimo é adotada com o intuito de romper camadas compactadas, por meio da redução da densidade e da resistência do solo à penetração e pelo aumento da infiltração de água no solo (HAQUE et al., 2016). Entretanto, o preparo convencional ainda é bastante utilizado e consiste no revolvimento de camadas superficiais, objetivando incorporar corretivos e fertilizantes, aumentando os espaços porosos e com isso ampliando a permeabilidade e o armazenamento de ar e água, facilitando o crescimento das raízes das plantas (BONILLA-BEDOYA et al., 2017; RODRIGUES et al., 2017).

Entre os atributos utilizados para avaliar a qualidade física, a densidade e a resistência do solo à penetração avaliando os sistemas de uso e manejo, por serem atributos diretamente relacionados, ao crescimento das plantas e de fácil determinação (BELANGER et al., 2017; BONINI et al., 2018). Assim, estudos que analisam os efeitos causados pela ação antrópica nas propriedades dos solos e no ambiente subsidiam a busca, por sistemas de manejo do solo menos impactantes.

Com a evolução da colheita mecanizada e o crescente melhoramento de cultivares mais produtivas têm-se aumentado as áreas cultivadas (FACHIN et al., 2014). O uso de novas áreas agricultáveis, para o plantio demanda igualmente maior número de máquinas e implementos modernos, de elevada capacidade operacional, para ser empregado no campo, e atender a sua necessidade tecnológica (CONAB, 2013).

Todavia, as máquinas e implementos agrícolas utilizados, para as operações de preparo do solo estão cada vez maiores e mais pesados, e com o uso crescente do maquinário nos sistemas produtivos, o solo passou a receber maior pressão superficial, e quando associada ao uso inadequado, de acordo com as condições de umidade do solo, resulta no aumento da compactação e diminuição da produtividade das culturas (CORTEZ et al., 2017; FERRARI et al., 2018).

A compactação do solo é caracterizada pelo aumento de sua densidade, pelos altos valores de resistência, à penetração, redução da infiltração de água, distribuição e tamanho de poros e pela diminuição de difusão dos gases e disponibilidade de nutrientes (VALADÃO et al., 2015). Dentre os fatores como: densidade, textura, matéria orgânica e umidade do solo, a resistência à penetração é considerada a propriedade adequada para expressar o grau de compactação existente no solo, tornando-se fundamental, tanto para recomendação de práticas de manejo do sistema de preparo mais adequado, como para avaliação dos efeitos na agricultura (SILVEIRA et al., 2010).

Existem formas que determinam a resistência do solo à penetração, dentre elas, a penetrometria, sendo uma técnica, que identifica as camadas que apresentam restrição ao desenvolvimento radicular das plantas (CAVALCANTE et al., 2011; MION et al., 2012). É uma técnica quantitativa muito utilizada devido à facilidade, rapidez e a possibilidade de se efetuar grande número de repetições para à obtenção de dados (SILVEIRA et al., 2010).

No entanto, esta é variável conforme a condição estrutural e conteúdo de água do solo, no momento de sua avaliação (VALICHESKI et al., 2012). Na ciência do solo, muitos estudos recentes apontam, para pesquisas voltadas, para a avaliação da qualidade física dos solos, em relação ao seu manejo (BROWN et al., 2018; CAMPOS et al., 2018), visto que esse tema é constante na literatura mundial, em virtude das interferências na produtividade das culturas e sustentabilidade dos ecossistemas, ligados ao solo (GUEDES et al., 2012).

CAPÍTULO I

ESTRATÉGIAS DE ENTRESSAFRA VISANDO A QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO BRASILEIRO

RESUMO

O sorgo e o milho são alternativas viáveis, como culturas de safrinha no Brasil Central, principalmente, para a produção de grãos, em sucessão ao cultivo da soja, porém, consórcios entre estas culturas são aprimorados, alcançando maiores produtividades nas lavouras, envolvendo culturas, com sistemas radiculares diversificados, como a combinação sorgo/braquiária ou milho/braquiária. Baseando-se nisto, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física do solo, em área com diferentes históricos de manejo, na entressafra (uso de culturas com sistema de monocultivo ou consórcio) em sistema de plantio direto no Cerrado. O ensaio foi conduzido com delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, sendo os tratamentos compostos, por áreas com diferentes históricos de uso: na entressafra o uso de monocultivo ou consórcio entre o sorgo e braquiária (estratégia 1º entressafra) ou milho e braquiária (estratégia 2º entressafra). Foram avaliadas propriedades físicas do solo como: densidade, porosidade, resistência do solo à penetração, umidade e textura do solo, além do teor de carbono orgânico. As avaliações de solo foram feitas nas camadas 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm de profundidade. Foi possível observar que, no período de entressafra, o solo com cultivo isolado de braquiária apresentou maior umidade, menores valores de resistência à penetração e maior quantidade de matéria seca. E o consórcio milho&braquiária promoveu aumento na quantidade de carbono orgânico no solo, demonstrando a importância dessas culturas juntas, para a conservação do solo.

Palavras-chave: *Zea mays L*, *sorghum bicolor*, *brachiaria ruzizienses*, consórcio.

1 INTRODUÇÃO

A soja é a principal oleaginosa produzida no mundo, sendo que os grãos processados geram inicialmente o óleo, o farelo e a farinha. Com o desenvolvimento e crescimento da agricultura no Brasil, a cultura se tornou o principal produto no setor do agronegócio e posiciona o país como o segundo maior produtor mundial. O município Rio Verde-GO apresenta grande importância com o cultivo de milho, sorgo e braquiária na produção de grãos e palhada na safrinha pois a produção atende parcialmente a crescente demanda das agroindústrias da região.

Segundo Rezende et al. (2016), o sorgo possui alto poder competitivo por possuir maior vigor de plântulas se comparado às forrageiras, sendo que o mesmo terá o seu crescimento acelerado, o que pode interferir negativamente, no acúmulo de massa seca da forrageira, quando as espécies estão em consórcio, porém, isto não significa que o sistema de consórcio não possa ser benéfico, pois apesar do efeito do sorgo na redução do crescimento das forrageiras, o rendimento para o desenvolvimento de pasto no período entressafra, em geral, não é alterado.

Em uma pesquisa avaliando o consórcio, com as duas culturas na entressafra, observou-se a rebrota da braquiária, o que possibilitou um segundo corte em que este será utilizada, em uma nova pastagem ou para produção de massa seca em semeadura da soja, assim ressalva-se que, o consórcio de sorgo e braquiária como culturas de entressafra, pode permitir a aquisição de três culturas com quatro distintos usos, em um única safra agrícola, sendo elas: em condições de sequeiro (soja verão, sorgo safrinha e massa seca de sorgo e braquiária para pastejo e produção de palhada na entressafra.

As gramíneas do gênero *Brachiaria* possuem alta adaptabilidade, principalmente, no clima centro-oeste brasileiro, favorecendo a cobertura vegetal do solo, rotação de cultura e a utilização como pastejo no outono-inverno (RIBEIRO, 2014). A braquiária é eficaz para aumentar a quantidade de palhada no solo, devido ao seu sistema radicular bastante agressivo capaz de possuir canais de infiltração e armazenamento de água no solo (ROSSI, 2009). A quantidade de biomassa promove maior umidade do solo, porém há uma restrição à relação C/N quando comparada ao sorgo, cujo fator acelera o processo de decomposição dos resíduos sobre o solo (ROSSI et al., 2013).

O consórcio de milho com gramínea na entressafra, sobretudo as braquiárias, vem ganhando espaço nos sistemas de produção, sendo considerado um sistema capaz de fornecer

palha em quantidades adequadas ao SPD. A *Brachiaria Ruziziensis* (*Urochloa ruziziensis*) é uma espécie que se destaca nesse sistema por apresentar adequado crescimento em solos com baixa fertilidade, boa resistência à seca e ao frio, elevada taxa de crescimento, facilidade de dessecação com glifosato e grande produção de massa, proporcionando excelente cobertura do solo (BALBINOT JUNIOR et al., 2017). Além disso, devido à sua alta relação C/N, possibilita a longevidade da cobertura do solo. Nesse contexto, o consórcio de *Brachiaria Ruziziensis* com o milho representa uma importante alternativa para manter o milho como cultura de segunda safra, em sucessão à soja e, ao mesmo tempo, manter ou melhorar a qualidade do solo (CECCON, 2007).

O sucesso desses sistemas no cerrado se deve ao fato de que a palhada acumulada pelas plantas de cobertura ou das pastagens e restos culturais de lavouras comerciais, proporciona um ambiente favorável à recuperação ou manutenção das propriedades do solo (SANTOS et al., 2008).

A semeadura da soja sobre braquiária dessecada vem-se destacando como forma interessante de adoção do sistema plantio direto, haja vista que a gramínea apresenta excelente cobertura, podendo contribuir para o aumento da matéria orgânica do solo e permitir a rotação de culturas (EMBRAPA, 2006). Portanto, uma das modalidades do emprego da braquiária é a sua utilização como antecessora à cultura da soja de verão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área Experimental

O experimento foi conduzido em campo próximo à Universidade de Rio Verde, com coordenadas Latitude 17°46'58,65"S, longitude 50°58'13,08"O, altitude 783 m. O clima da região é do tipo Aw, característico de duas estações bem definidas (seco no inverno e úmido no verão) de acordo com classificação de Koppen. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, com textura argilosa (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo em área sob sistema de plantio direto em Rio Verde/GO

	P	S	K	Ca	Mg	Al	CTC	pH	V	MO
Prof(cm)	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmolc dm ⁻³ -----			-	-	--- g kg ⁻¹ % ---	
0-20	21.30	13.80	47.70	2.20	1.00	0.00	5.20	1.36	7.32	45.37
20-40	13.00	9.30	36.00	1.20	0.60	0.20	4.70	-	5.89	32.11

Os tratamentos constam de áreas com diferentes históricos de uso, sendo na entressafra: monocultivo de sorgo; monocultivo de braquiária e consórcio sorgo e braquiária (estratégia 1) e monocultivo de milho; monocultivo de braquiária e consórcio milho e braquiária (estratégia 2). As duas estratégias na entressafra foram espacialmente separadas (experimentos independentes). As parcelas foram organizadas em delineamento com blocos casualizados e 4 repetições, totalizando 24 parcelas para cada estratégia de manejo de entressafra, as parcelas foram constituídas por 8 linhas com espaçamento de 45 cm e 9 m de comprimento cada tratamento constituído por 4 repetições.

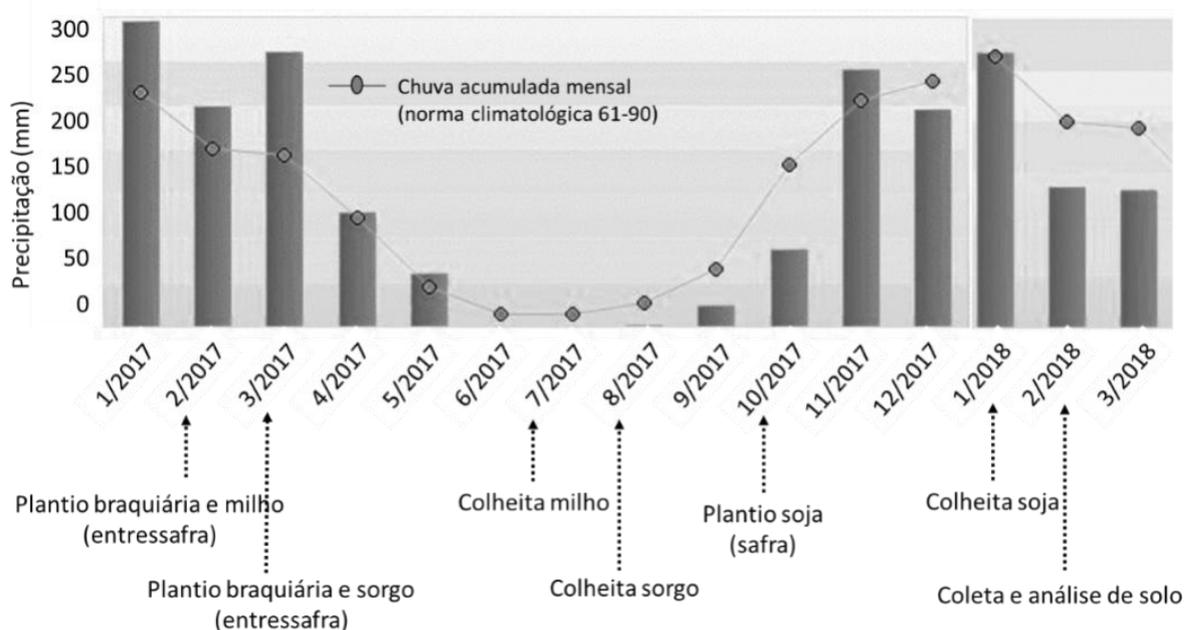


Figura 1. Dados de precipitação mensal (Dados INMET) e histórico de uso de área sob sistema de plantio direto em Rio Verde-GO.

Na safra, foi efetuado o plantio da variedade “NA 7337” RR®” Possuindo grupo de maturação 7.6, hábito de crescimento indeterminado com população de 340 mil sementes ha⁻¹ no dia 12/10/2017 e colheita 30/08/2018. Na entressafra, para o plantio de sorgo sob monocultivo ou consórcio, foi utilizado o híbrido Taguá 170.000 sementes ha⁻¹, plantio

efetuado dia 16/03/2017 e colheita dia 10/08/2017 e para milho, sendo utilizado o híbrido DKB 310 população 60.000 sementes ha⁻¹ plantio dia 09/02/2017 colheita 03/07/2017. O plantio das Sementes de braquiária foi efetuado, juntamente com o adubo na superfície do solo. Foi utilizada a espécie *Brachiaria Ruziziensis* na densidade 13 kg ha⁻¹, VC 46% . Para adubação de Base, foi utilizado o equivalente a 170 kg ha⁻¹ de MAP (mono amido fosfato) e na primeira e segunda adubação de cobertura, 200 e 150 kg ha⁻¹ de ureia, respectivamente.

2.2 Amostragem

Foram coletadas amostras de solo do tipo indeformadas, para análise da densidade e porosidade do solo e amostras deformadas, para análise do teor de carbono orgânico, umidade e textura do solo.

Para coleta das amostras indeformadas, em cada parcela, foi aberta uma trincheira com dimensão de 0,4 m de largura x 0,8 m de comprimento x 1,30 m de altura, onde foram retiradas em triplicata amostras indeformadas, com auxílio de anéis volumétricos de 100 cm³ nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm.

As amostras deformadas foram coletadas com auxílio de trado manual holandês, em quatro diferentes pontos, nas mesmas profundidades citadas, sendo duas na linha e duas, na entrelinha. As quatro amostras simples foram homogeneizadas, para composição de amostra composta, sendo armazenadas em sacos plásticos previamente etiquetados.

2.3 Análise de Solo

A determinação do carbono orgânico total do solo foi feita de acordo com metodologia proposta, por SIMS & HABY (1971), pesada com 1,0 g de TFSA, em Erlenmeyer de 125 mL e adicionados 10 mL da solução de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,5 M + 20 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado. Após um período de incubação em temperatura ambiente (20 min.), o volume das amostras foi completado, para 100 mL com água deionizada e a mistura centrifugada a 6.800 rpm por 10 min. A seguir, foram recolhidas alíquotas de 2 mL, as quais foram utilizadas para leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda correspondente a 600 nm. Os dados foram calculados com o auxílio de uma curva padrão feita, com solução de sacarose 7% seca, a 105 ° C por 2h, em diferentes concentrações.

A análise de densidade do solo foi feita de acordo metodologia proposta pela Embrapa (1997), cujo princípio baseia-se na coleta de amostras de solo com estrutura indeformada através de um anel de aço (Kopecky) de bordas cortantes e volume interno de 100 cm³. É um procedimento simples de análise que consiste na obtenção do valor de massa seca do solo após ser submetida a 105 °C e, após 24 horas. A densidade aparente será pela fórmula:

$$D_s (\text{g/cm}^{-3}) = \text{massa de solo seco} / \text{volume do anel}.$$

Para a determinação da porosidade do solo, as amostras indeformadas foram saturadas por 48 horas. Após o período de saturação, estas foram drenadas no potencial equivalente a 0,006 MPa utilizando uma mesa de tensão adaptada de Kiehl (1979). A partir dos valores de umidade, com saturação da amostra e dos valores de retenção de água, calculou-se os valores de macro, micro e porosidade total do solo, baseados nas seguintes fórmulas por EMBRAPA (1997):

$$P_T = V_{\text{amostra saturada}}/V_{\text{anel}}$$

$$M_i = V_{0,006}/V_{\text{anel}}$$

$$M_a = P_T - M_i$$

onde, P_T = porosidade total; V_{anel} = volume do anel volumétrico; M_i = microporosidade; $V_{0,006}$ = volume da amostra submetida a uma tensão de 0,006 MPa; M_a = macroporosidade.

A medição da resistência do solo à penetração foi medida, através de um penetrômetro eletrônico cujo o princípio é a medição da pressão, em MPa, exercida por uma haste cônica, sobre o solo de até 40 cm de profundidade sendo coletados os dados de quatro diferentes pontos, dentro da parcela, sendo dois na linha e dois na entrelinha e efetuando a média dos valores.

2.4 Análise estatística

O modelo experimental utilizado foi um fatorial 3x3, tendo como primeiro fator o manejo de entressafra, com monocultivo (sorgo/milho ou braquiária) e consórcio (sorgo/milho&braquiária) e como segundo fator as profundidades de coleta do solo (0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm) com quatro repetições. Na interpretação de dados, foi realizada a análise de variância e para comparação de médias foi aplicado teste de tukey a 5% de probabilidade e o programa estatístico utilizado foi o Sisvar FERREIRA (2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância mostrou que houve efeito significativo de interação entre os fatores A e B para avaliação de porosidade total, macro e micro porosidade na área de sorgo e braquiária na entressafra e na área com cultivo de milho, os fatores A e B para Macroporosidade.

Tabela 2. Resumo da análise de variância com valores de Fc calculado e nível de significância para atributos do solo, em área com histórico de cultivo sendo monocultivo/consórcio de sorgo/milho, com braquiária, no período de entressafra, em Rio Verde-GO

FV	GL	Corg	Umi	Ds	RP	Pt	Ma	Mi
Estratégia 1° - Área com sorgo e braquiária na entressafra								
Bloco	3	1.99 ^{ns}	0.43 ^{ns}	2.81 ^{ns}	9.87*	2.24 ^{ns}	1,31	0,31
Fator A (mon. ou cons.)	2	0.35 ^{ns}	5.01*	4.23 ^{ns}	11.05**	10.35*	5,59*	3,84
Erro ₁	6	-	-	-	-	-	-	-
Fator B (prof. solo)	2	76.87**	0.62 ^{ns}	11.84**	41.26**	3.04 ^{ns}	0,76 ^{ns}	3,36*
A*B	4	1.12 ^{ns}	1.87 ^{ns}	0.47 ^{ns}	1.02 ^{ns}	7.43**	5,40**	3,33*
Erro ₂	45	-	-	-	-	-	-	-
CV ₁	-	13.69	28.28	2.09	7.92	4.23	9,16	8,72
CV ₂	-	11.46	22.47	2.30	9.53	4.78	6,74	7,01
Estratégia 2° - Área com milho e braquiária na entressafra								
Bloco	3	2.48 ^{ns}	2.01 ^{ns}	4.15 ^{ns}	7.56*	19.07*	7,23*	11,71**
Fator B (mon. ou cons.)	2	3.19*	1.79 ^{ns}	0.88 ^{ns}	4.97 ^{ns}	3.05 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,02 ^{ns}
Erro ₁	6	-	-	-	-	-	-	-
Fator B (prof. solo)	2	19.14**	0.94 ^{ns}	5.19**	261.5**	7.50**	24,00**	2,18 ^{ns}
A*B	4	2.36 ^{ns}	1.27 ^{ns}	0.67 ^{ns}	0.97 ^{ns}	1.33 ^{ns}	2,56*	0,07 ^{ns}
Erro ₂	45	-	-	-	-	-	-	-
CV ₁	-	5.39	27.24	6.67	5.97	5.48	5,20	9,39
CV ₂	-	11.50	25.29	5.98	8.66	8.35	5,94	13,72

Fator A: áreas plantadas em monocultivo (sorgo/milho e braquiária) ou consórcio agrícola (sorgo/milho e braquiária) na entressafra; Fator B: Profundidades de análise do solo (0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm); teor de carbono (Corg), umidade do solo (Umi), densidade do solo (Ds), resistência do solo à penetração (RP), porosidade (Pt), Macroporosidade (Ma), e Microporosidade (Mi); ^{ns} não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

3.1 Monocultivo x Consórcio agrícola

3.1.1 Sorgo e Braquiária (Estratégia 1)

No período de entressafra, o consórcio sorgo e braquiária promoveu maior umidade do solo ($p < 0,05$) quando comparado, com o monocultivo de sorgo, enquanto que o solo com braquiária apresentou efeito intermediário, entre as demais áreas (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de atributos físicos do solo, em área sob diferentes históricos de cultivo, sendo monocultivo/consórcio de sorgo/milho, com braquiária no período de entressafra, em Rio Verde-GO

Sistemas de cultivo	Corg g kg ⁻¹	Ds g cm ⁻³	RP MPa	Umi -----	Pt m ³ m ⁻³ -----	Macro	Micro
Sistemas de entressafra 1							
Sorgo	15,58 a	1,66 a	2,12 a	0,06 b	0,36 b	0,16 a	0,19 a
Braquiaria	16,10 a	1,64 a	1,92 b	0,09 a	0,38 a	0,17 a	0,20 a
Sorgo e Braquiaria	15,91 a	1,66 a	1,95 b	0,08 ab	0,37 ab	0,17 a	0,19 a
Sistemas de entressafra 2							
Milho	11,68 ab	1,48 a	2,29 a	0,04 a	0,33 a	0,15 a	0,18 a
Braquiaria	11,53 b	1,51 a	2,27 a	0,05 a	0,35 a	0,15 a	0,19 a
Milho e Braquiaria	12,22 a	1,52 a	2,18 a	0,04 a	0,34 a	0,15 a	0,19 a

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Nesse sentido, é possível observar o potencial do sistema de consórcio agrícola, em reter mais água no solo, principalmente, quando envolve o uso de braquiária o que é explicado pelo fato desse sistema fornecer grande quantidade de massa seca no solo. Podendo assim estar protegendo o solo tanto para perda de água, para atmosfera, quanto pelo fato da braquiária formar galerias através de suas raízes onde ocorre maior infiltração de água no solo, conseqüentemente mantendo uma maior umidade no solo, cujo potencial é confirmado por ROSSI et al. (2013), que citaram que a braquiária possui uma maior quantidade de massa seca, favorecendo assim, maior a umidade do solo.

O monocultivo de braquiária promoveu maior quantidade ($p < 0,05$) de massa seca na área seguido pelo sistema de consórcio sorgo e braquiária e monocultivo de sorgo, com valores respectivamente de 14,47, 10,48 e 6,37 ton ha⁻¹ (Figura 2). Possivelmente, estes resultados estão ligados ao potencial da braquiária, em promover maior quantidade de massa

seca devido ao tipo de cobertura denso, sobre a superfície do solo e ao sistema radicular agressivo e eficiente, na absorção de água e nutrientes, em profundidade do solo.

As áreas com braquiária, em sistema de monocultivo ou consórcio, apresentaram menores valores ($p < 0,05$) de resistência do solo à penetração comparada à área com monocultivo de sorgo (Tabela 3), o que possivelmente possa ser explicado pela estrutura radicular da espécie, com potencial de enraizamento em profundidade do solo, rompendo assim possíveis barreiras físicas de desenvolvimento da raiz e infiltração de água contribuindo para uma maior umidade no solo, que está ligada com a compactação, quanto maior a umidade menores valores de resistência a penetração. Segundo VALADÃO et al. (2015) compactação do solo é caracterizada pelo aumento da densidade do solo, pelos altos valores de resistência do solo à penetração, redução da infiltração de água, distribuição e tamanho de poros no solo e pela diminuição de difusão dos gases e disponibilidade de nutrientes.

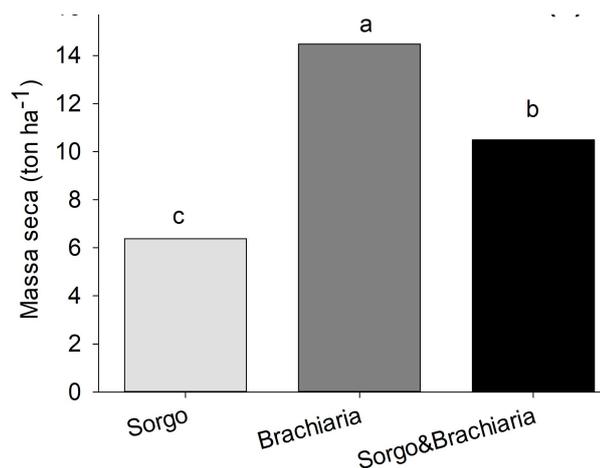


Figura 2. Efeito do uso de cultivos solteiros e consorciados durante a safrinha para massa seca

Para porosidade do solo, houve efeito significativo dos sistemas de cultivo com a profundidade do solo (Anexo 1), somente na área com monocultivo de braquiária, onde foi possível constatar diferenças da porosidade entre as profundidades do solo de acordo com a ordem decrescente 20-40 cm 40-60 cm 0-20 cm, cujo resultado pode ser considerado benéfico, visto que 20 a 40 cm geralmente apresenta problemas de compactação do solo em sistemas de plantio direto no cerrado. Segundo BROWN et al. (2018) e CAMPOS et al. (2018), na ciência do solo muitos estudos recentes apontam para pesquisas voltadas para a avaliação da qualidade física dos solos em relação ao seu manejo, visto que esse tema é constante na literatura mundial em virtude das interferências na produtividade das culturas e

sustentabilidade dos ecossistemas ligados ao solo, sendo solucionado pelo manejo biológico, com cultivo de braquiária na entressafra.

3.1.2 Milho e Braquiária (Estratégia 2)

O uso de milho no período de entressafra apresentou efeito significativo, para o teor de carbono orgânico do solo, sendo maior ($p < 0,05$) na área de consórcio milho e braquiária comparada à área, somente, com braquiária (Tabela 3).

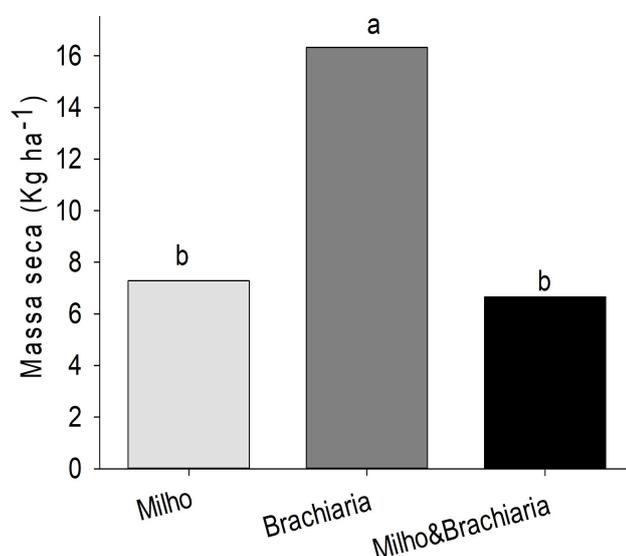


Figura 3. Efeito do uso de cultivos solteiros e consorciados durante a safrinha para massa seca.

Apesar de a braquiária fornecer maior produção de massa seca Figura 3, esses resultados não influenciaram nos teores de carbono no solo, sendo explicado pelo fato da braquiária possuir uma alta relação C/N e a palhada permanecer por mais tempo no solo no período da entressafra impedindo assim, uma maior mineralização. Segundo Balbinot Junior et al. (2017), devido a braquiária continuar vegetando após a colheita dos grãos e possuir uma alta relação C/N ela consegue manter uma maior longevidade da cobertura do solo. Nesse contexto, o consórcio de *brachiaria ruziziensis* com o milho na entressafra representa uma importante alternativa, como cultura de segunda safra, em sucessão à soja melhorando a qualidade do solo.

4 CONCLUSÃO

Para o cultivo na entressafra, o solo com cultivo isolado de braquiária, apresentou maior umidade, menores valores de resistência do solo, à penetração e maior quantidade de matéria seca. O sistema de consórcio milho e braquiária aumentou a quantidade de carbono orgânico, demonstrando a importância dessas culturas em consórcio, para a conservação do solo, além da rentabilidade devido à produção de grãos que o sistema permite.

CAPITULO II

ESTOQUE DE CARBONO E FRAÇÕES ORGÂNICAS DE UM LATOSSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO

RESUMO

A adoção de sistemas agrícolas conservacionistas como o plantio direto e a utilização do consórcio agrícola são práticas que favorecem o solo, principalmente pela deposição de palha. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo quantificar estoque de carbono e teor de frações orgânicas, de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de monocultivo (sorgo ou braquiária) e consórcio (sorgo&braquiária) em Rio Verde-GO. O solo foi coletado nas camadas 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm de profundidade, sendo determinados os teores de carbono, estoque de carbono e frações orgânicas da matéria orgânica: carbono da fração mineral, carbono da fração leve e carbono da fração particulada. Os resultados mostraram que as frações orgânicas do solo são altamente modificadas de acordo, com o manejo adotado, sendo que o uso de consórcio sorgo e braquiária aumenta o estoque e teor de carbono promovendo frações orgânicas mais lábeis na superfície do solo. A braquiária potencializa a produção de frações orgânicas recalcitrantes no solo, promovendo maior conservação no solo.

Palavras-chave: Sorgo granífero, *brachiaria*, consórcio agrícola.

1 INTRODUÇÃO

Em ecossistemas naturais, o solo apresenta um conteúdo de carbono orgânico estabilizado, que reflete as condições ambientais determinadas pelo: clima, vegetação, topografia, e, por características do próprio solo. Contudo, esse estado é alterado quando o solo passa a ser utilizado para fins agrícolas (BRAIDA; REICHERT, 2014). Quando o sistema solo perde carbono, devido a redução dos teores de matéria orgânica do solo, gera uma diminuição de sua qualidade (LAL, 2015), interferindo na sua agregação (SOUZA et al., 2016; FONTE et al., 2014), porosidade e densidade (ROSSETTI; CENTURION, 2015).

As formas de uso e manejo do solo são responsáveis pela entrada de carbono no sistema, bem como pela sua saída do solo para atmosfera. Nos sistemas agrícolas, essa entrada/saída de carbono é muito influenciada pelo preparo do solo, espécies utilizadas, rotações de culturas, adubação e, principalmente, pelo manejo dos resíduos das culturas (COSER et al., 2016; CAMPOS et al., 2011).

O sorgo é uma alternativa no Brasil Central, como culturas de safrinha, principalmente para a produção de grãos em sucessão ao cultivo da soja. Porém, consórcios entre essa gramínea e outras espécies precisam ser aprimorados, para desenvolver os sistemas de produção de lavouras anuais, envolvendo culturas com sistema radicular diversificados, como gramíneas forrageiras perenes, que alocam uma maior fração do C fotossintetizado para as raízes do que culturas anuais o que poderá ser mais eficiente em aumentar os estoques de carbono orgânico total (COT) do solo.

Apesar de não existir um maior número de estudos e afirmativas exatas em relação a este consórcio, as pesquisas estão se tornando cada vez mais crescente, porém o sorgo já está sendo utilizado principalmente para a produção de grãos no período de safrinha onde possui maior escassez de chuva além de ser uma cultura que permite uma boa adaptação e utilizando a soja pode ser considerada como uma boa cultura de verão como sucessão (RIBEIRO, 2014).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo quantificar o estoque de carbono e teor de frações orgânicas de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de monocultivo (Sorgo ou Braquiária) e consórcio (sorgobraquiária) em Rio Verde-GO.

2 MATERIAL E METODOS

2.1 Área Experimental

O experimento foi conduzido em campo próximo Universidade de Rio Verde, coordenadas Latitude 17°46'58,65"S, longitude 50°58'13,08"O, altitude 783 m.

O clima da região é do tipo Aw, característico de duas estações bem definidas (seco no inverno e úmido no verão) de acordo com classificação de Koppen. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, com textura argilosa (Tabela 4).

Tabela 4. Caracterização química do solo, em área de Cerrado com histórico de cultivo de soja (safra) e milho (safrinha) em Rio Verde-GO

	P	S	K	Ca	Mg	Al	CTC	pH	V	MO
	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmolc dm ⁻³ -----				-	---	g kg ⁻¹ % ---
0-20 cm	21.30	13.80	47.70	2.20	1.00	0.00	5.20	1.36	7.32	45.37
20-40 cm	13.00	9.30	36.00	1.20	0.60	0.20	4.70	-	5.89	32.11

Na safra, foi efetuado o plantio da variedade “NA 7337” RR®” com população de 340 mil sementes ha⁻¹ no dia 12/10/2017 e colheita 30/08/2018. Na entressafra, para o plantio de sorgo sob monocultivo ou consórcio, foi utilizando o híbrido Taguá 170.000 sementes ha⁻¹, plantio efetuado dia 16/03/2017 e colheita dia 10/08/2017o plantio das Sementes de braquiária foi efetuado juntamente com o adubo na superfície do solo. Foi utilizada a espécie *brachiaria ruziziensis* na densidade 13 kg ha⁻¹, VC 46% . Para adubação de Base, foi utilizado o equivalente a 170 kg ha⁻¹ de MAP (mono amido fosfato) e na primeira e segunda adubação de cobertura, 200 e 150 kg ha⁻¹ de uréia, respectivamente.

Os tratamentos constam de áreas com histórico de diferentes sistemas de cultivo agrícola na entressafra – monocultivo de sorgo; monocultivo de braquiária e consórcio sorgo e braquiária e soja na safra (Tabela 5), variedade “NA 7337” RR®, as parcelas foram constituídas por 8 linhas com espaçamento de 45 cm e 9 m de comprimento cada tratamento constituído por 4 repetições.

Tabela 5. Histórico de uso da área e período de avaliação do solo

Ano	Período	Cultura	Espécie
2017-2018	Safra	Soja	NA 7337” RR®
2018	Entressafra	Sorgo	hibrido Taguá
		Braquiária	<i>Brachiaria ruziziensis</i>
2018-2019	Safra	Sorgo e Braquiária	<i>Brachiaria ruziziensis</i> / Taguá
2018-2019	Safra	Soja	NA 7337” RR®

2.2 Amostragem

As amostras de solo foram coletadas após a colheita da soja. Foram coletadas amostras indeformadas para análise da densidade do solo e amostras deformadas para análise do teor de carbono orgânico, textura e fracionamento físico. Para coleta das amostras indeformadas, em cada parcela, foi aberta uma trincheira com dimensão de 0,4 m de largura x 0,8 m de comprimento x 1,30 m de altura, onde foram retiradas em triplicata amostras de solo indeformadas com auxílio de anéis volumétricos de 100 cm³ nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm).

As amostras deformadas foram coletadas com o auxílio de trado manual holandês, em quatro diferentes pontos, nas mesmas profundidades citadas acima. As quatro amostras simples serão homogeneizadas para composição de amostras composta, as quais foram armazenadas em sacos plásticos previamente etiquetados.

2.2 Análises de solos

O estoque de carbono orgânico do solo foi estimado baseado no teor de carbono e camada de massa equivalente de solo através da equação Veldkamp (1994):

$$\text{EstC (Kg m}^{-2}\text{)} = \text{conteúdo Carbono (\%)} \times \text{Densidade (g cm}^{-3}\text{)} \times \text{profundidade(m)}$$

A determinação do carbono orgânico total do solo foi feita de acordo com metodologia proposta por SIMS & HABY (1971): foi pesada 1,0 g da amostra de terra fina seca ao ar (TFSA) em Erlenmeyer de 125 mL. e adicionados 10 mL da solução de dicromato de potássio 0,5 M + 20 mL de H₂SO₄ concentrado. Após um período de incubação em temperatura ambiente (20 min.), o volume das amostras foi completado para 100 mL com água deionizada e a mistura centrifugada a 6.800 rpm por 10 min. A seguir, foram recolhidas alíquotas de 2 mL, as quais foram utilizadas para leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda

correspondente a 600 nm. Os dados foram calculados com auxílio de uma curva padrão feita com solução de sacarose 7% seca a 105 ° C por 2h em diferentes concentrações.

O método de fracionamento físico da MOS é determinado conforme metodologia proposta por Cambardella e Elliot (1992) onde foram obtidas as frações: C ligado a fração mineral do solo (C-MIN), C da fração particulada (C-PMO) e C da fração leve (C-FL): foram pesados 10 g de amostra de solo em tubos tipo Falcon 50 mL, onde foram adicionados 30 mL de solução de metafosfato de sódio (5 g L⁻¹). As amostras foram agitadas a 200 rpm por 15 horas, lavadas com água deionizada e passadas em peneiras com diametro de malha de 53µm. O material que dispersou representou a fração mineral do solo (argila + silte) e posteriormente seco em estufa a 50° C por 48 h.

O material retido foi seco em estufa e transferido para tubos Falcon, sendo adicionados 20 mL de iodeto de sódio (NaI) com densidade de 1,8 g cm⁻³. As amostras serão centrifugadas por 15 minutos a 3500 rpm. Após o sobrenadante foi filtrado, lavado com água e seco em estufa, obtendo assim a fração leve da MOS. O material precipitado no tubo esteve novamente sendo agitado com água, centrifugado a 3500 rpm por 15 minutos, onde foi realizado o descartado o sobrenadante, e o material que permaneceu, em seguida foi seco em estufa, obtendo assim a fração particulada da MOS. A determinação do C nas frações mineral, pesada e leve consistiu-se em por meio de combustão úmido como citado anteriormente na determinação do carbono orgânico, obtendo-se, assim, o C-Min, o C-PMO e o C-FL.

2.3 Análise estatística

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados (DBC) com quatro blocos e o modelo estatístico de parcelas subdividas, tendo como primeiro fator os sistemas de cultivo e segundo fator a profundidade de coleta (0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm) totalizando 36 unidades experimentais. Na interpretação de dados, foi realizada a análise de variância e para comparação de médias foi aplicado teste de tukey a 5% de probabilidade e o programa estatístico utilizado foi o Sisvar FERREIRA(2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância mostrou efeito significativo de interação entre tratamento e profundidade, para as avaliações estoque de carbono, teor de carbono e fração orgânica particulada, enquanto que para as frações orgânicas; leve e mineral, houve efeito significativo do tratamento e profundidade do solo de forma isolada, com valores significativos, em que a braquiária encontrasse presente no tratamento (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância (Fc calculado) de atributos do solo, sob diferentes sistemas de cultivo agrícola, em Rio Verde-GO

FV	GL	EstC	Corg	C-FL	C-FP	C-FM
Bloco	3	2.21 ^{ns}	1.84 ^{ns}	1.17 ^{ns}	2.37 ^{ns}	3.27 ^{ns}
Trat	2	1.98 ^{ns}	2.20 ^{ns}	99.86**	32.15**	255.4**
Erro ₁	6	-	-	-	-	-
Prof	2	62.66**	91.34**	88.57**	27.61**	35.48**
Trat*Prof	4	2.74*	3.01*	4.61 ^{ns}	13.23**	1.58 ^{ns}
Erro ₂	18	-	-	-	-	-
CV ₁	-	9.73	10.38	34.91	22.28	8.03
CV ₂	-	5.67	7.06	30.05	21.83	12.65

^{ns} não significativo; *, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. EstC: estoque de carbono; C-FL: carbono da fração leve; C-FP: carbono da fração particulada; C-FM: carbono da fração mineral;

O estoque de carbono orgânico no solo foi maior ($p < 0,05$) no sistema de consórcio sorgo e braquiária quando comparado com os sistemas de monocultivo de sorgo ou braquiária na camada superficial do solo 0-10 cm com valores em torno de 3,36, 2,79 e 2.74 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 7).

Isso é atribuído ao fato do consórcio proporcionar maior depósito de matéria orgânica na superfície do solo, tendo resultado semelhante, o encontrado por Rossi (2009) havendo um incremento de COT nas camadas superficiais, em sistemas de consórcio entre sorgo, braquiária. De acordo com a pesquisa encontrada por Ribeiro (2014), as gramíneas do gênero *Brachiaria* possuem alta adaptabilidade, principalmente, no clima do centro-oeste brasileiro, favorecendo a cobertura vegetal do solo, rotação de cultura, sendo utilizada como pastejo no outono-inverno. Neste contexto, o consórcio de *brachiaria ruziziensis* com o milho safrinha representa uma importante alternativa para manter o milho como cultura de segunda safra, em sucessão à soja e, ao mesmo tempo, manter ou melhorar a qualidade do solo (CECCON, 2007).

Tabela 7. Valores médios de atributos físicos do solo, em área sob diferentes históricos de cultivo, sendo monocultivo/consórcio de sorgo com braquiária avaliando umidade (Umi), estoque de carbono orgânico (EstC), Carbono orgânico (Corg), Carbono da fração leve (C-FL), Carbono da fração particulada (C-FP), e carbono da fração mineral (C-FM), no período de entressafra, em Rio Verde-GO

Sistemas de cultivo	Umi	EstC	Corg	C-FL	C-FP	C-FM
	m ³ m ⁻³	Kg m ⁻²	----- g kg ⁻¹ -----			
				0-10 cm		
Sorgo	0,06 a	2,74 b	21,14 b	24,05 b	7,09 a	27,98 b
Braquiaria	0,09 a	2,79 b	21,80 b	34,48 a	6,86 a	47,16 a
Sorgo e Braquiaria	0,09 a	3,36 a	25,26 a	33,92 a	2,25 b	25,77 b
				10-20 cm		
Sorgo	0,07 a	2,71 a	17,62 a	8,18 b	7,83 a	30,77 b
Braquiaria	0,10 a	2,67 a	17,29 a	16,38 a	5,25 b	41,05 a
Sorgo e Braquiaria	0,08 a	2,66 a	17,73 a	15,23 a	2,89 c	24,31 c
				20-40 cm		
Sorgo	0,06 a	2,16 a	13,88 b	5,68 b	2,12 b	17,05 b
Braquiaria	0,09 a	2,40 a	16,64 a	26,70 a	3,66 a	30,89 a
Sorgo e Braquiaria	0,06 a	2,31 a	15,57 ab	22,82 a	2,52 b	12,25 c

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade

O solo com a presença de braquiária cultivada de forma isolada ou em consórcio apresentou maior C-FL quando comparado com monocultivo de sorgo, em todas as profundidades de coleta avaliadas (Tabela 7), cujo efeito é atribuído à braquiária proporcionando maior aporte de material seca (Tabela 8). A mesma tendência foi observada em estudos de Santos et al. (2015) e Loss et al. (2010), o que segundo eles, o acúmulo de fração leve geralmente resultam da deposição de material vegetal recém-decomposto, principalmente em áreas com maior quantidade de massa seca sobre o solo e tendem a se concentrar nas camadas superficiais do solo.-

Para C-FP, o solo sob monocultivo de sorgo e de braquiária apresentou maiores teores de C-FP, com valores de 6,86 a 7,09 g Kg⁻¹ comparado com o solo a base de consórcio, com 2,25 g Kg⁻¹ na camada de solo de 0-10 cm (Tabela 7). Na camada 10-20 cm, o solo sob monocultivo de sorgo também, apresentou maior teor de C-FP, que o com consórcio. A reduzida área superficial de contato de frações grosseiras do solo, pode explicar que frações orgânicas aderidas à areia possuem intermediária ou completamente ausência de material orgânico ligado, sendo considerada pobre em complexos orgânicos minerais, tornando-se susceptíveis à decomposição pelos microorganismos (ROSCOE e MACHADO, 2002).

A quantidade de C-FM foi maior no monocultivo com a braquiária em torno de 48 g Kg⁻¹ seguido do com sorgo e consórcio sorgo e braquiária (28 e 26 g Kg⁻¹, respectivamente)

(Tabela 7). A MOS associada aos minerais apresenta uma ciclagem consideravelmente mais lenta no que se refere a formação e decomposição, isso sugere novamente o potencial da braquiária *ruzizensis* em promover acréscimo de carbono no solo, seja na liberação de frações pesadas (C-FP) ou leve (C-FL) pois a mesma produziu maior quantidade de massa seca sobre o solo (Tabela). A *brachiaria* possui menor relação C/N comparada ao sorgo, essa relação de fatores acelera o processo de decomposição dos resíduos (ROSSI, 2009) e maior incremento no solo. Em estudo de Moraes et al. (2017), foi observado que nas áreas cultivadas com pastagens na camada até 20 cm, o CFM apresentou maior teores em relação ao solo de mata nativa.

Em profundidade do solo, o C-FM apresentou mesma tendência das demais frações, com maior acúmulo nas camadas superficiais do solo. Este maior valor em superfície provavelmente deve-se aos teores de carbono orgânico do solo, resultado do SPD, que promove de certa forma, uma maior estabilização da matéria orgânica no solo, representada pela fração organomineral.

Avaliando as frações de maneira geral, em todos os sistemas de cultivo, o C-FM apresentou maiores valores, que as demais frações C-FL e C-FP na profundidade de 0-40 cm (Tabela7). Estas frações são complexas, em relação ao estudo e de muitas alterações, em seus resultados, sendo que cada uma responde de maneira distinta. Assim, a decomposição dos resíduos afetará as frações orgânicas do solo, sendo este, sob o cultivo de braquiária favorece o aumento do C-FM, enquanto que o solo sob o consórcio obteve maiores valores de CFL.

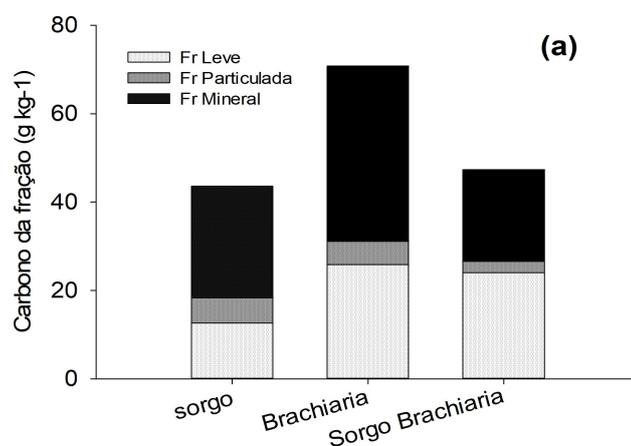


Figura 4. Distribuição de frações orgânicas do solo (a) e produção de massa seca (b) em área sob sistema de monocultivo e consórcio agrícola de sorgo e *brachiaria*.

A produção de massa seca na área com o solo, com monocultivo de braquiária foi superior, em relação ao solo com sorgo em monocultivo, resultando em valores de 14,72 e 6,37 Kg ha⁻¹ respectivamente (Tabela 8). Em estudo de Rossi et al. (2013) em Latossolo Vermelho distrófico no Município de Montividiu-GO, foram encontrados valores de massa seca superiores no monocultivo com braquiária (*Brachiaria Ruziziensis*) em relação ao monocultivo do Sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) variando de 6,10 e 3,85 Mg ha⁻¹ respectivamente. Já Menezes et al. (2009), que avaliaram a produção de fitomassa em diferentes espécies isoladas e consorciadas entre elas o sorgo e a braquiária cultivadas em Latossolo Vermelho no município de Goiânia, os valores de fitomassa seca na área foram de 10,23 Kg ha⁻¹ para sorgo granífero e de 8,59 Kg ha⁻¹ para braquiária.

Os resultados de produtividade da soja em área com diferentes históricos de sistemas de cultivo de entressafra, não demonstrou diferença significativa ($p > 0,05$), isso é atribuído ao fato de não ter ocorrido déficit hídrico, no período em que a soja permaneceu no campo, até a colheita e ao pouco tempo de adoção do sistema, em que os diferentes benefícios oferecidos pelos sistemas anteriores não foram o diferencial, causando um incremento em produtividade, na cultura da soja. Em estudo de Melotto et al. (2017), após sete anos de cultivo de soja na safra e grãos na entressafra, ressaltaram que a produtividade de soja foi sistematicamente maior, no sistema em que havia o consórcio na safrinha, sugerindo uma possível melhoria, nas condições do solo, com a presença da braquiária no sistema, indicando maior eficiência no uso da água e destacando maiores produtividades, nos anos ocorreram déficit hídrico.

Tabela 8. Valores médios de produtividade de soja (safra) e quantidade de palhada (safrinha) em área, com histórico de plantio de sorgo e braquiária, em monocultivo ou consórcio agrícola

Histórico de Uso da Área	Produtividade Soja (Mg ha ⁻¹)	Massa seca (Mg ha ⁻¹)	Produtividade Soja (Kg ha ⁻¹)
Sorgo	2760,6 a	6,37 c	3703,70 a
Braquiária	3044,4 a	14,47 a	4087,96 a
Sorgo&Braquiária	3213,6 a	10,48 b	4212,59 a
Período de Avaliação	fev/2018	Dez/2018	Jan/2019

Medias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÃO

As frações orgânicas do solo são altamente modificadas de acordo, com o manejo adotado, sendo que o uso de consórcio sorgo&braquiária promove frações orgânicas mais lábeis na superfície do solo, além de maior estoque de carbono.

A braquiária fornece uma grande quantidade de matéria seca no solo, além de potencializar a produção de frações orgânicas recalcitrantes, promovendo maior conservação do solo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, F.F. Agregação e estabilidade da matéria orgânica em sistemas conservacionistas de manejo do solo. 2016. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

ANDRAUS, M. P.; CARDOSO, A. A.; LEANDRO, W. M.; BRASIL, E. P. F. 2013. Disponível em: <http://revistas.abaagroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/13734/9654>. Acesso em: setembro de 2018.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; MARTINS, S. C.; GROppo, J. D.; SALGADO, P. R.; EVANGELISTA, B.; VASCONCELLOS, E.; SANO, E. E.; PAVÃO, E.; LUNA, R.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. *Biogeosciences*, v. 10, p. 6141-6160, 2013.

BAIGORRI, H.; GASSEN, D.A. Importância do ciclo, da juvenilidade e do hábito de crescimento no manejo da cultura. *Revista Plantio Direto*, v. 14, n. 109, p. 15-18, 2009.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A.H. Contribution of roots and shoots of *Brachiaria* species to soybean performance in succession. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.58, p.592-598, 2017.

BALIN, N.M.; ZIECH, A.R.D.; OLIVEIRA, de J.P.M.; GIRARDELLO, V.C.; STUMPF, L.; CONCEIÇÃO, P.C. Frações da matéria orgânica, índice de manejo do carbono e atributos físicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso. *REVISTA SCIENTIA AGRARIA* Versão On-line ISSN 1983-2443 Versão Impressa ISSN 1519-1125 SA vol. 18 n°. 3 Curitiba Jul/Set. 2017 p. 85-94. p.86.

BELANGER, E.; LUCOTTE, M.; MOINGT, M.; PAQUET, S.; OESTREICHER, J.; ROZON, C. Altered nature of terrestrial organic matter transferred to aquatic systems following deforestation in the Amazon. *Applied Geochemistry*, v. 87, p. 136-145, 2017. doi: 10.1016/j.apgeochem.2017.10.016.

Boeni M, Bayer C et al. (2014) Organic matter composition in density fractions of Cerrado Ferralsols as revealed by CPMAS ¹³C NMR: Influence of pastureland, cropland and integrated crop-livestock. *Agriculture, ecosystems & environment* 190:80-86.

BONILLA-BEDOYA, S.; LÓPEZ-ULLOA, M.; VANWALLEGHEM, T.; HERRERA-MACHUCA, M. A. Effects of land use change on soil quality indicators in forest landscapes of the Western Amazon. *Soil Science*, v. 182, n. 4, p. 128-136, 2017. doi: 10.1097/SS.0000000000000203.

BONINI, I.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MATRICARDI, E.; PHILIPS, O.; PETTER, F.; OLIVEIRA, B.; MARIMON, B. S. Collapse of ecosystem carbon stocks due to forest conversion to soybean plantations at the Amazon-Cerrado transition. *Forest Ecology and Management*, v. 414, p. 64-73, 2018. doi: 10.1016/j.foreco.2018.01.038.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. Porto Alegre: Bookmann Editora LTDA, 2013.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M. Matéria orgânica e comportamento mecânico para fins de manejo de solo. In: LEITE, L.F.C.; MACIEL, G.A.; ARAÚJO, A.S.F. *Agricultura Conservacionista no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 3, p. 309-361.

BROWN, V.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; MAFRA, A. L.; MUZEKA, L. M. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v. 13, n. 1, p1-7, 2018.

CAMPOS, B.C.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; NICOLOSO, R. S.; FIORIN, J.E. Carbon stock and its compartments in a subtropical oxisol under long-term tillage and crop rotation systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 3, p. 805-817, 2011.

CAMPOS, S. A.; SOUZA, C. M.; GALVÃO, J. C. C.; NEVES, J. C. L. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob plantio direto. *Revista Agrarian*, v. 11, n. 41, p. 230-240, 2018.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 3, p. 237-243, 2011.

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

CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. Agricultura e aquecimento global. *B. Inf. SBCS*, 23:40-44, 2007.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Grãos: Décimo levantamento da safra 2017/2018. n.11, agosto/2018. Disponível em: Acesso em: 05 jun. 2018.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2013/14 - Segundo Levantamento, Brasília, v. 1, n. 2, p. 1-66, 2013.

CONCEIÇÃO, P. C. Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil. 2006. 138 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

CORTEZ, J. W.; MAUAD, M.; SOUZA, L. C. F.; RUFINO, M. V.; SOUZA, P. H. N. Atributos agronômicos da soja e resistência à penetração em plantio direto e escarificado. Revista Engenharia Agrícola v. 37, n. 1, 2017.

COSER, T.R.; RAMOS, M.L.G.; FIGUEIREDO, C.C.D.; CARVALHO, A.M.D.; CAVALCANTE, E.; MOREIRA, M.K.D.R.; ARAUJO, P.S.; OLIVEIRA, S.A.D. Soil microbiological properties and available nitrogen for corn in monoculture and intercropped with forage. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n.9, p. 1660-1667, 2016.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J.A.A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 1, p.56-63, 2012.

DICK, D.P.; NOVOTNY, E.H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: FREITAS MELO, V.; ALLEONI, L.R.F. Química e mineralogia do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. Parte II, p. 1-68.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2007) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa em Solos. 412p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação dos solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2006 b. 306p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005326/1/COT198.pdf>. Acesso: setembro de 2018

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. ELISABETH, M.; CLAESSEN, C. Manual de métodos de análises de solo. Embrapa. 2. ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

ENSINAS, S.C.; SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; DA SILVA, E.F.; FERREIRA DO PRADO, E.A.; LOURENTE, E.R.P.; ALTOMAR, P.H.; POTRICH, D.C; MARTINEZ, M.A.; CONRAD, V.A.; JESUS, M.V.; EL KADRI, T.C. Cover crops affect on soil organic matter fractions under no till system. Australian Journal of Crop Science, v. 10, n. 4, p. 503-512, 2016.

FACCIN, F.C.; MARCHETTI, M.E.; SERRA, A.P.; ENSINAS, S.C. Frações granulométricas da matéria orgânica do solo em consórcio de milho safrinha com capim-marandu sob fontes de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 12, p. 2000-2009, 2017.

FACHIN, G. M.; JÚNIOR, J. B. D.; GLIER, C. A. S.; MROZINSKI, C. R.; COSTA, A. C. T.; GUIMARÃES, V. F. Características agronômicas de seis cultivares de amendoim cultivadas em sistema convencional e de semeadura direta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 2, p. 165-172, 2014.

FERRARI, J. M. S.; GABRIEL, C. P. C., SILVA, T. B. G.; MOTA, F. D.; GABRIEL FILHO, L. R. A., TANAKA, E. M. Análise da variabilidade espacial da resistência à penetração do solo em diferentes profundidades. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. 12, n. 2, p. 164-175, 2018.

FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: LIER, Q. J. V. *Física do Solo*, 1^o Edição, Ed: SBCS, Viçosa/MG, p. 1-27, 2010.

FONTE, S.J.; NESPER, M.; HEGGLIN, D.; VELÁSQUEZ, J.E.; RAMIREZ, B.; RAO, I. M.; BERNASCONI, S.M.; BÜNEMANN, E.K.; FROSSARD, E.; OBERSON, A. Pasture degradation impacts soil phosphorus storage via changes to aggregate-associated soil organic matter in highly weathered tropical soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 68, n. 1, p. 150-157, 2014.

GUEDES, E. M. S.; FERNANDES, A. R.; LIMA, H. V.; SERRA, A. P.; COSTA, J. R.; GUEDES, R. S. Impacts of different management systems on the physical quality of in amazonian oxisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 1269-1277, 2012.

HAQUE, M. E.; BELL, R. W.; ISLAM, M. A.; RAHMAN, M. A. Minimum tillage unpuddled transplanting: an alternative crop establishment strategy for rice in conservation agriculture cropping systems. *Field Crops Research*, v. 185, p. 31-39, 2016. doi: 10.1016/j.fcr.2015.10.018.

Kopittke PM, Dalal RC, Finn D, Menzies NW (2017) Global changes in soil stocks of carbon, nitrogen, phosphorus, and sulphur as influenced by long-term agricultural production. *Global change biology* 23:2509-2519.

KUNDE, R.J.; LIMA, C.L.R., DOS ANJOS SILVA, S.D.; PILLON, C.N. Frações físicas da matéria orgânica em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 9, p. 1520-1528 2016.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, v. 7, n. 5, p. 5875-5895, 2015.

LEAL, O.D.A.; CASTILHOS, R.M.V.; PINTO, L.F.S.; PAULETTO, E.A.; LEMES, E.S.; KUNDE, R.J. Initial Recovery of Organic Matter of a Grass-Covered Constructed Soil after Coal Mining. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40, n. 1, p. 1-16, 2016.

LOSS, A.; MORAES, A.G. de.; PERERIA, M.G.; SILVA, E.M.R da.; CUNHA, L.H dos A. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. *Comunicata Scientiae* 1(1): 57-64, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; CUNHA DOS ANJOS, L.H.; RIBEIRO DA SILVA, E.M. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. *Idesia (Arica)*, v. 29, n. 2, p. 11-19, 2011.

LUDKIEWICZ, M.G.Z; ARAUJO, L. C., GALINDO, F.S.; ZAGATO, L. Q. S. D.; OLIVERA, A. R. F.; MARUNO, T. C.; SANTOS-ARAUJO, S. N. (2017) Short-term dynamic of soil fertility from integrated croplivestock systems in tropical savanna. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 20.

MENEZES, L.A.S.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA JUNIOR, J.P de.; FERREIRA, A.C. de B.; SANTANA, J. das G.; BARROS, R.G. Redução de fitomassa de diferentes espécies, isoladas consorciadas, com potencial de utilização para cobertura de solo. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 7-12, Jan./Feb. 2009.

MION, R. L.; NASCIMENTO, E. M. S.; SALES, F. A. L.; SILVA, S. F.; DUARTE, J. M. L.; SOUSA, B. M. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo Amarelo. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, 2012.

MITTON, R.V.; COBOS, J.Y.G.; BARBOSA, L.R.; BORGIO, J.D.H. Fracionamento físico da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho Distrófico típico pelo método de sonicação. *Versão Impressa ISSN 1519-1125 SA vol. 18 n.º. 2 Curitiba Abr/Jun. 2017 p. 22-29. p.23*

MORAIS, D.H. de O.; ROSSET, J.S.; SILVA, da C.A.; SANTOS, dos, T.M.D.; CASTILHO, S.C. de P. Frações físicas granulométricas da Matéria orgânica em diferentes sistemas de manejo. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campo Grande/MS – 27 a 30/11/2017.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. 1.ed. Porto Alegre, Departamento de plantas de lavoura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 35p

NETO, A.H.; SILVA, A.G da.; TEIXEIRA, I.R.; COSTA, K.A de P.; ASSIS, R.L de. Consórcio de Sorgo Granífero e braquiária na safrinha para a produção de grãos e forragem. *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 27, n. 3, p. 132 – 141, jul. – set., 2014.

NOGUEIRA, A.P.O.; SEDIYAMA, T.; BARROS, B.H.; TEIXEIRA, R.C. Morfologia, crescimento e desenvolvimento. In: Sedyama, T. *Tecnologias de produção e usos da soja*. Londrina: Mecenas, 2014. Cap.5, p.7-16.

OLIVEIRA, J. M.; MADARI, B. E.; et al. (2018) Integrated farming systems for improving soil carbon balance in the southern Amazon of Brazil. *Regional Environmental Change* 18:105-116.

- REIS, D.A.; LIMA, C.L.R.; BAMBERG, A.L. Qualidade física e frações da matéria orgânica de um Planossolo sob sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n.9, p. 1623-1632, 2016.
- REZENDE, B.P.M.; JAKELAITIS, A.; TAVARES, C.J.; MARANGONI, E. CUNHA, P.C.R da. Consórcio de Sorgo com espécies forrageiras. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 10, n. 1, p. 57 - 64, janeiro-março, 2016.
- RIBEIRO, M.G. Sistemas de semeadura no consórcio de Sorgo Granífero com cultivares de *Brachiaria bizantha* na safrinha. 2014 Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia Goiano - Câmpus Rio Verde. Dissertação (pós-graduação em zootecnia) p.01.
- RODRIGUES, M.; RABÊLO, F. H. S.; CASTRO, H. A.; ROBOREDO, D.; CARVALHO, M. A. C.; ROQUE, C. G. Changes in chemical properties by use and management of an Oxisol in the Amazon biome. *Caatinga*, v. 30, n. 2, p. 278-286, 2017. doi: 10.1590/1983-21252017v30n202rc.
- ROSA, R.; SANO, E. E. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do rio paranaíba. 2014.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P.L. Fracionamento físico do Solo em Estudos da Matéria orgânica. Comitê de publicações da Embrapa agropecuária Oeste. Dourados, MS 2002.
- ROSSETTI, K.V.; CENTURION, J.F. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronosequência sob diferentes manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 252-258, 2015.
- ROSSI, C.Q. Dinâmica da Matéria orgânica do solo em área de soja cultivada sobre palhada de braquiária e sorgo. 2009. Dissertação (Pós-graduação em Agronomia)UFRRJ Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, jul./ago. 2013.
- ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistemas de cultivo com palha de braquiária e sorgo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 1, p. 38-46, jan-mar, 2012.
- ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em Latossolo Vermelho sob plantio de soja no cerrado goiano. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias ISSN (on line) 1981-0997* v.7, n.2, p.233-241, abr.-jun., 2012.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, jul./ago. 2013.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. BAYER, C.; FABRICIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C. Matéria Orgânica do Solo na Integração Lavoura-Pecuária em Mato Grosso do Sul. *Matéria Orgânica do Solo na Integração Lavoura-Pecuária em Mato Grosso do Sul*. Dezembro/2005. (Boletim de pesquisa e Desenvolvimento 29) p.37-38.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2012.

SANTOS, C. A. dos; MARTINS, R.; PINHEIRO, E. F. M.; BOAS, D. V.; BODDEY, R. M. Teores de C e N nas frações leve livre da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de pastagens e mata no Cerrado. 2015. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Unidade: EMBARAPA SOLOS, RIO DE JANEIRO, RJ, p. 1.

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

SCHIAVO, J.A.; ROSSET, J.S.; PEREIRA, M.G.; SALTON, J.C. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.46, n.10, p.1332-1338, out. 2011. p.1333.

Silva EE, Azevedo PHS, De-Polli H (2007) Determinação do Nitrogênio da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-N). Seropédica – RJ: EMBRAPA (EMBRAPA. Comunicado técnico, 96).

SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo Distrocoeso no recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 659-667, 2010.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; MORAES, J.C. & ALBRECHT, A. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils - Effects of no-tillage. *Agronomie*, 22:755-775, 2002.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; BARBOSA PAULINO, H.; RIBEIRO, D.O.; BAYER, C.; ROTTA, L.R.. Matéria orgânica e agregação do solo após conversão de “campos de murundus” em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n.9, p.1194-1202, 2016.

TANG S, GUO J, et al. (2019) Synthesis of soil carbon losses in response to conversion of grassland to agriculture land. *Soil and Tillage Research* 185:29-35.

VALADÃO, F. C. ASSIS.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 243-255, 2015.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 9, p. 969-977, 2012.

Wiesmeier M, Urbanski L, et al. (2019). Soil organic carbon storage as a key function of soils-A review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma* 333:149-162.

SIMS, J. R.; HABY, V. A. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Science*, Baltimore, v. 112, p. 137-141, 1971.

FERREIRA, D. F. Sisvar versão 4,2, Lavras: UFLA, 2003. NO TEXTO ESTÁ 2011

Kiehl, E. J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

ANEXO

0-10 cm							
Sistemas de cultivo	Corg g kg ⁻¹	Ds g cm ⁻³	RP MPa	Umi	Pt ----- m ³ m ⁻³ -----	Macro	Micro
Sistemas de entressafra 1							
0-10 cm							
Sorgo	18,91 a	1,63 a	1,89 a	0,06 b	0,38 a	0,18 a	0,20 a
Braquiaria	19,24 a	1,60 a	1,78 a	0,09 a	0,37 a	0,16 a	0,21 a
Sorgo e Braquiaria	20,44 a	1,63 a	1,85 a	0,09 a	0,37 a	0,17 a	0,19 a
10-20 cm							
Sorgo	14,60 a	1,68 a	2,48 a	0,07 a	0,33 b	0,15 a	0,18 b
Braquiaria	15,06 a	1,66 a	2,16 b	0,08 a	0,39 a	0,18 a	0,21 a
Sorgo e Braquiaria	14,58 a	1,66 a	2,22 b	0,07 a	0,37 a	0,17 a	0,20 a
20-40 cm							
Sorgo	13,23 a	1,68 a	2,00 a	0,06 a	0,36 a	0,17 a	0,19 a
Braquiaria	14,00 a	1,65 a	1,83 a	0,09 a	0,37 a	0,18 a	0,19 a
Sorgo e Braquiaria	12,72 a	1,68 a	1,80 a	0,07 a	0,36 a	0,17 a	0,19 a
Sistemas de entressafra 2							
0-10 cm							
Milho	13,06 a	1,52 a	1,71 a	0,05 a	0,35 a	0,16 a	0,18 a
Braquiaria	13,40 a	1,55 a	1,75 a	0,04 a	0,37 a	0,16 a	0,20 a
Milho e Braquiaria	13,11 a	1,59 a	1,64 a	0,04 a	0,34 a	0,15 a	0,18 a
10-20 cm							
Milho	11,85 a	1,46 a	3,06 a	0,04 a	0,31 a	0,14 a	0,17 a
Braquiaria	10,65 a	1,50 a	3,00 ab	0,05 a	0,32 a	0,14 a	0,18 a
Milho e Braquiaria	11,45 a	1,45 a	2,81 b	0,04 a	0,33 a	0,14 a	0,18 a
20-40 cm							
Milho	10,12 a	1,47 a	2,11 a	0,04 a	0,34 a	0,15 b	0,19 a
Braquiaria	10,54 a	1,49 a	2,06 a	0,05 a	0,34 a	0,15 ab	0,19
Milho e Braquiaria	12,10 a	1,52 a	2,08 a	0,04 a	0,36 a	0,16 a	0,20 a