

Efeito do cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura na produção de massa seca e nas propriedades físicas do solo

Effect of corn intercropped with cover crops on dry mass production and soil physical properties

Marcos Cesar Mottin^{1*}, Edleusa Pereira Seidel¹, Luane Laíse Oliveira Ribeiro¹, Renan Pan¹, Emerson Fey¹, Jean Sérgio Rosset²

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência do cultivo do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura na produtividade de massa seca e nas propriedades físicas do solo. O trabalho foi realizado no município de Tupãssi-PR. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por milho em monocultivo e em consórcio com diferentes plantas de cobertura do solo (*Urochloa ruziziensis*, *Avena strigosa* S., *Cajanus cajan* e *Crotalaria spectabilis*). Foram avaliados: produtividade de massa seca das plantas de cobertura e da cultura do milho remanescente e propriedades físicas do solo: macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e resistência do solo à penetração de raízes. O consórcio milho segunda safra com plantas de cobertura não promoveu o aumento de massa seca sobre o solo. O cultivo de milho consorciado com braquiária é mais eficiente para o aumento da massa seca e para o favorecimento da macroporosidade e redução na densidade do solo na profundidade de 0 - 0,10 m. O cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura de cobertura proporcionou melhorias na qualidade física do solo na profundidade de 0 - 0,10 m.

Palavras-chave: Massa seca; Porosidade do solo; Resistência do solo à penetração; *Zea Mays*.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the influence of second crop corn intercropped with cover crops on dry mass yield and soil physical properties. The work was carried out in the municipality of Tupãssi-PR. The experimental design used was randomized blocks, with four replications. The plots consisted of maize in monoculture and intercropped with different ground cover plants (*Urochloa ruziziensis*, *Avena strigosa* S., *Cajanus cajan* and *Crotalaria spectabilis*). The following were evaluated: dry mass productivity of cover crops and remaining corn crop and soil physical properties: macroporosity, microporosity, total porosity, soil density and soil resistance to root penetration. The intercropping corn second crop with cover crops did not promote the increase of dry mass on the soil. The cultivation of corn intercropped with *Brachiaria* is more efficient for increasing dry mass and favoring macroporosity and reducing soil density at a depth of 0 - 0.10 m. The cultivation of corn intercropped with cover crops provided improvements in the physical quality of the soil at a depth of 0 - 0.10 m.

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR/BR.

² Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Mundo Novo-MS/BR.

*E-mail: marcos.c.mottin@hotmail.com

Keywords: Dry pasta; Soil porosity; Soil resistance to penetration; *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

Em um sistema produtivo é imprescindível a atenção com as propriedades físicas do solo, tais como: porosidade, resistência à penetração e densidade do solo (BOTTEGA et al., 2011). É necessário e de fundamental importância um ambiente físico favorável para o crescimento e desenvolvimento radicular, a fim de maximizar a produtividade das culturas implantadas (MOTTIN et al., 2018).

Na região Oeste do Paraná, o sistema de produção predominante é a sucessão de culturas entre soja e milho segunda safra, conhecido popularmente como milho safrinha. Esse sistema de produção gera baixo aporte de resíduos ao solo, comprometendo o Sistema de Plantio Direto (SPD).

O SPD, é uma tecnologia que visa principalmente a melhoria do solo, com objetivo de preservar as suas estruturas físicas. Porém, quando esse sistema de manejo é realizado de forma inadequada, causa a compactação do solo. A compactação do solo é caracterizada pela redução do volume de poros; redução da taxa de difusão de oxigênio; aumento da densidade do solo; aumento da resistência física e da energia com que a água fica retida no solo (MÜLLER et al., 2001). Esses fatores afetam o desenvolvimento radicular, e conseqüentemente as outras estruturas da planta, pois a compactação reduz o volume de solo a ser explorado pelas raízes, assim como, a quantidade de água, ar e nutrientes disponíveis, limitando a produtividade das culturas.

O cultivo de plantas que possuem raízes vigorosas e profundas, contribuem para o rompimento de camadas compactadas do solo, promovendo a formação de bioporos com ampla variação de tamanho, aumentando a porosidade e a capacidade de infiltração de água no perfil do solo, melhorando sua estrutura e conseqüentemente aumentando sua qualidade física (CALEGARI; COSTA, 2009; LIMA et al., 2012).

Elas também promovem a retirada de nutrientes da subsuperfície, liberando-os gradualmente na superfície durante o processo de decomposição (MENDONÇA et al., 2013). Outra vantagem, é a alta densidade de raízes, principalmente das *Poaceae*, e sua periódica renovação tornando-se desse modo, importante para a qualidade e sustentabilidade do sistema de produção agrícola (MOTTIN et al., 2018). Além disso, as plantas de cobertura do solo promovem a maior diversidade e abundância da fauna edáfica (BALIN et al., 2017).

Desta forma, a utilização de plantas de cobertura do solo em consórcio com a cultura do milho segunda safra é uma alternativa para aumentar a massa seca aportada ao solo, bem como aumentar a produtividade da cultura principal e ao mesmo tempo melhorar as propriedades físicas do solo. Para isso, é necessário a conciliação de forma adequada entre a cultura do milho e as plantas de cobertura do solo, afim de evitar a competição interespecífica (DAN et al., 2012), e consequentemente afetar a produtividade da cultura principal, reduzindo a renda do produtor rural.

Diversas são as espécies que podem ser utilizadas como plantas de cobertura do solo no consórcio, tornando difícil a melhor escolha, pois não existe uma planta ideal, sendo necessário antes da escolha, fazer um levantamento das espécies mais favoráveis ao cultivo. Deve-se buscar informações a respeito de sua adaptação ao clima da região, época de semeadura, o ciclo da cultura, desenvolvimento do sistema radicular e a produção de massa seca (NEGRINI, 2007).

Contudo, há necessidade de verificar a real contribuição dessas plantas com a finalidade de se manter ou melhorar a estrutura do solo (SEVERIANO et al., 2010). Desse modo, é necessário que se opte por espécies de plantas que superem as restrições físicas, bem como, promovam a recuperação da qualidade do solo, principalmente quando submetidas a um sistema intensivo de produção.

Assim, o trabalho teve por objetivo avaliar a influência do cultivo do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura na produtividade de massa seca e nas propriedades físicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

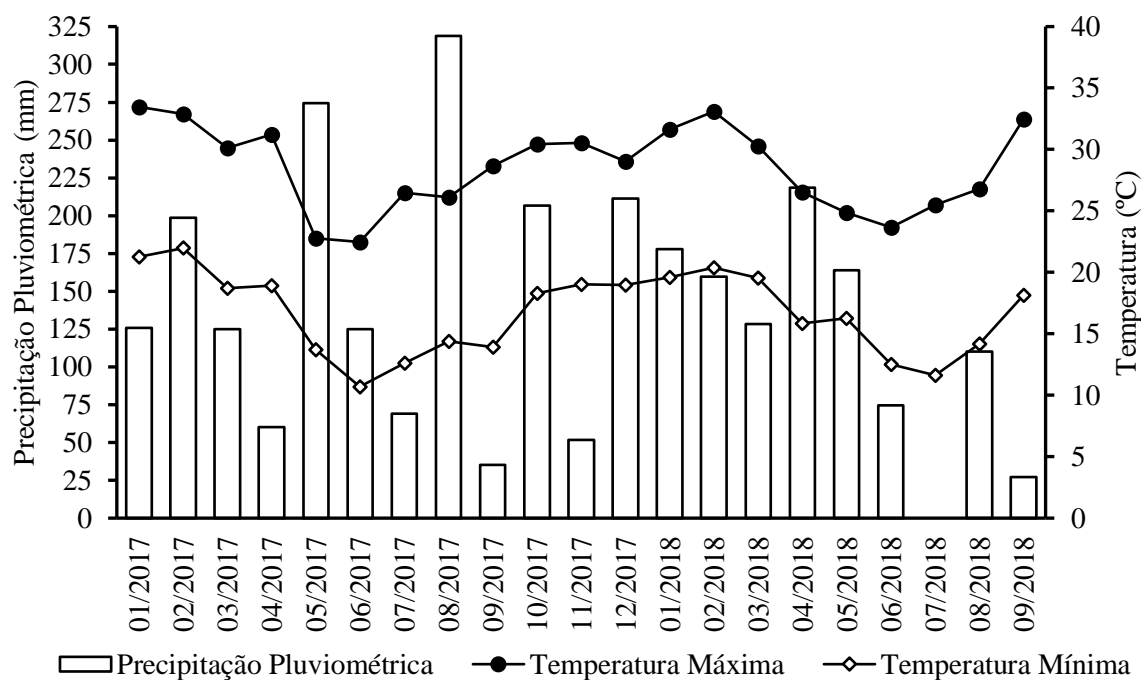
O trabalho foi realizado na propriedade agrícola particular Água Vitória no município de Tupãssi - PR, localizada nas coordenadas geográficas 24° 38' 18,72'' de latitude sul e 53° 34' 33,49'' de longitude oeste, a 488 metros de altitude em relação ao nível do mar. Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com verões quentes, com temperaturas médias superiores a 22°C e invernos com temperaturas médias e inferiores a 18°C e uma precipitação pluviométrica média anual de 1600 - 1800 milímetros (CAVIGLIONE, 2000). De acordo com Santos et al. (2018), o solo da propriedade é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico típico, textura muito argilosa, relevo suave ondulado.

Anteriormente a implantação do experimento, a área estava sendo cultivada com sistema de produção de sucessão de culturas entre soja e milho segunda safra, em SPD.

Previamente à implantação do experimento, foi realizada a coleta de amostras deformadas de solo na profundidade de 0,00-0,20 m para a determinação das características químicas e granulométricas. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE-MCR), de acordo com a metodologia de Raij et al. (2001). Os resultados foram: pH (CaCl₂) = 5,85; M.O. = 35,16 g dm⁻³; P = 61,71 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 5,78 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,52 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,35 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,0 cmol_c dm⁻³; H⁺ + Al³⁺ = 3,54 cmol_c dm⁻³ e V (%) = 68,36. A determinação granulométrica foi realizado no Laboratório de Física do solo, na mesma instituição, utilizando o método do densímetro de Bouyoucos, conforme Embrapa (1997). Os resultados foram: 843 g kg⁻¹ de argila, 86 g kg⁻¹ de silte e 71 g kg⁻¹ de areia.

Na Figura 1, são apresentados os dados meteorológicos mensais referentes a precipitação pluviométrica total e as médias das temperaturas máximas e mínimas ocorridas durante o período de condução do experimento. Os dados foram fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), da estação localizada no município de Assis Chateaubriand.

Figura 1 - Dados meteorológicos mensais das precipitações pluviométricas totais e médias das temperaturas máximas e mínimas no período de 01/2017 a 09/2018.



Fonte: Simepar.

Delineamento experimental, implantação e condução

O cultivo da cultura do milho segunda safra foi conduzido no ano agrícola de 2016 e 2017, entre os cultivos, também foi realizado o cultivo da soja da safra 2016 - 2017. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pela cultura do milho em monocultivo e com consórcio com diferentes plantas de cobertura do solo. As espécies de plantas utilizadas no consórcio foram: duas da família *Poaceae* (*Urochloa ruziziensis* e *Avena strigosa* S.) e duas da família *Fabaceae* (*Cajanus cajan* e *Crotalaria spectabilis*). Cada parcela foi composta por 30,0 m de comprimento e 10,0 m de largura, totalizando 300 m². À área útil de cada parcela foi calculada descartando 2,0 m de cada extremidade e 1,0 m de cada uma das laterais, totalizando 208,0 m².

Com exceção da aveia preta (*Avena strigosa* S.), a implantação dos consórcios, milho com plantas de cobertura do solo, foram realizadas mecanicamente de forma simultânea utilizando a semeadora de Plantio Direto Semeato modelo PAR 2800, com a terceira caixa para a semeadura de plantas forrageiras, realizada no dia 24/01/2016 e 31/01/2017. Entre as linhas na cultura principal, foram mantidos os componentes de depósito das sementes, compostos por disco sulcador da semente, rodas limitadoras de profundidade e rodas de compactação da semente com sistema em forma de “V”, objetivando o maior contato da semente da braquiária (*Urochloa ruziziensis*) com o solo,

e também, a semeadura em linha das plantas de cobertura feijão guandu anão (*Cajanus cajan*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis*) com uma profundidade de aproximadamente 5 mm.

Dessa forma, a aveia preta foi semeada manualmente a lanço, nas entre linhas, quando a cultura do milho estava no estágio reprodutivo R3 (grão leitoso), utilizando 60 kg ha⁻¹ da cultivar IAPAR 61 Ipirorã; a braquiária, semeada em cobertura, com a deposição das sementes direcionadas nas entre linhas da cultura do milho, utilizando 10 kg ha⁻¹, com valor cultural de 76%; as plantas de cobertura do solo da família *Fabaceae* foram semeadas nas entre linhas da cultura do milho, utilizando 50 kg ha⁻¹ de feijão guandu anão e 25 kg ha⁻¹ de crotalária.

O milho utilizado nos dois anos de cultivo foi o híbrido simples P4285YHR com tratamento industrial de sementes com o inseticida sistêmico do grupo químico dos Neonicotinóide, na dose de 240 g i.a. ha⁻¹ de Clotianidina para cada 100 kg de semente. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,90 m, com 6 sementes por metro linear. Para a adubação de base utilizou-se 372 kg ha⁻¹, do formulado 12-18-12 e 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura quando a cultura apresentava-se no estágio vegetativo V3 (terceira folha desenvolvida).

O controle de plantas daninhas foi realizado através de capina manual, e o controle dos insetos praga foram realizados conforme as necessidades da cultura principal, sendo utilizado como base para os controles as recomendações técnicas da Embrapa para a cultura do milho. Visando o controle preventivo de doenças fúngicas na cultura do milho, realizou-se uma aplicação de fungicida com 75,0 g i.a. ha⁻¹ de Trifloxistrobina + 150,0 g i.a. ha⁻¹ de Tebuconazol, quando a cultura apresentava-se em pré-pendoamento. Após a colheita da cultura do milho, final do mês de julho, as plantas tiveram mais um período de 30 - 40 dias para continuar seu desenvolvimento. Após esse período, final do mês de agosto, as plantas foram manejadas utilizando 3 kg ha⁻¹ do equivalente Ácido Glifosato.

A cultura da soja foi semeada no dia 16/09/2016 sobre as diferentes palhadas do cultivo do milho em monocultivo e com consórcio com diferentes plantas de cobertura do solo. A cultivar de soja utilizada foi a DM 6563 RSF IPRO, DONMARIO sementes, com a tecnologia INTACTA RR2 PROTM, com tratamento industrial de sementes. As sementes foram tratadas com inseticida sistêmico do grupo químico dos Neonicotinóide e inseticida de contato e ingestão do grupo químico dos Metilcarbamato de Oxima, na dose de 75,0 g i.a. ha⁻¹ de Imidacloprido e 225 g i.a. ha⁻¹ de Tiodicarbe para cada 100 kg

de semente. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,45 m, com 16 sementes por metro linear. Para a adubação de base utilizou-se 290 kg ha⁻¹ do formulado 2-20-20. O controle de plantas daninhas, insetos praga e o controle preventivo de doenças foram realizados conforme as necessidades da cultura, sendo utilizado como base as recomendações técnicas da Embrapa para a cultura da soja.

Determinação da massa seca do consórcio

Antecedendo o manejo das plantas de cobertura do solo, aproximadamente 210 dias após a semeadura, efetuou-se a avaliação da produtividade de massa seca (MS) das plantas de cobertura e da cultura do milho remanescente. Para essa avaliação foi utilizado um quadrado de amostragem equivalente a 0,25 m², lançado aleatoriamente em cada parcela, e as plantas contidas em seu interior foram cortadas rente ao solo com uma tesoura de poda, sendo tiradas duas amostras por parcela. As amostras de cada tratamento foram colocadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada de ar com temperatura de 65°C por um período de 72 horas. Ao retirar o material fez-se a pesagem determinando a massa seca.

Coletas de amostras de solos e análises laboratoriais

Após um período de aproximadamente 20 dias do manejo das plantas de cobertura do solo, iniciou-se a coleta de amostras indeformadas de solo em dois pontos de cada uma das parcelas para a determinação da macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT) e densidade do solo (Ds). Para isso utilizou-se um cilindro metálico (Anel de Kopecky) de volume conhecido. As amostras foram coletadas nas profundidades entre 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,15 m. As análises de Ma, Mi e PT foram realizadas em mesa de tensão com potencial de -0,006 MPa (sucção leve), e a Ds pela relação entre a massa de solo seco e o volume total do solo coletado (EMBRAPA, 1997).

A resistência do solo à penetração (RP) foi avaliada com a utilização do penetrômetro digital Falker, modelo PenetroLOG-PGL 1020, com aptidão eletrônica para aquisição dos dados, sendo realizadas quatro determinações por parcela. O penetrômetro foi configurado para registrar leituras a cada 0,01 m de incremento de profundidade, trabalhando em velocidade de penetração constante. Os dados referentes ao penetrômetro Falker foram extraídos da memória digital e analisados a cada 0,05 m de profundidade até 0,40 m. Para o processamento dos dados de resistência à penetração, foi utilizado o Software PenetroLOG. No momento da amostragem, em cada parcela foi retirada uma

amostra de solo nas profundidade de 0,00 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m, para análise do teor de umidade, sendo determinada pelo método padrão da estufa (EMBRAPA, 1997), a qual apresentou em média 0,30 kg kg⁻¹ de água.

Análises estatísticas

Os dados obtidos foram tabulados e analisados quanto a normalidade e homogeneidade através dos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância considerando um nível de significância de 5 % para o teste F. Para as variáveis MS, Ma, Mi, PT, Ds e RP, em que a relação entre o maior e menor quadrado médio do resíduo (QMr) dos anos avaliados (2016 e 2017) menor que 7:1, foram submetidas a análise de variância conjunta considerando um nível de significância de 5 % para o teste F. Quando significativos, os contrastes foram comparadas pelo teste de Scheffé a 5 % de probabilidade, utilizando o software estatístico Genes.

Diante dos sistemas de cultivo utilizados na cultura do milho: Milho+Braquiária (MB); Milho+Aveia (MA); Milho+Feijão guandu anão (MF); Milho+Crotalaria (MC) e Milho (M), os seguintes contrastes foram estabelecidos para as comparações: C₁: (MB+MA+MF+MC) X (M); C₂: (MB+MA) X (MF+MC); C₃: MB X MA e; C₄: MF X MC. Além disso, foram comparados os dois anos de cultivo (2016 e 2017) pelo seguinte contraste: C₅: 2016 X 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do quadrado médio do resíduo (QMr) e a relação entre o maior e menor QMr das variáveis analisadas nos cultivos de milho na segunda safra consorciados com plantas de cobertura do solo nos anos de 2016 e 2017.

Foi possível a realização da análise de variância conjunta para a variável MS, bem como para as variáveis físicas do solo, Mi, PT, Ds e RP na profundidade de 0 - 0,40 m e, Ma na profundidade de 0 - 0,20 m. No entanto, a variável Ma na profundidade de 0,20 - 0,40 m, não apresentou homogeneidade entre os QMr, pois teve uma relação superior a 7:1, não sendo possível a realização da análise de variância conjunta para esta variável (BANZATTO; KRONKA,2006).

Tabela 1 - Resultados do quadrado médio do resíduo (QMr) e a relação entre o maior e menor QMr das variáveis analisadas em função do cultivo de milho na segunda safra consorciado com plantas de cobertura do solo nos anos de 2016 e 2017.

Variáveis	QMr					Relação
	2016		2017			
MS	422623,65		952574,92		2,25*	
	2016	2017	Relação	2016	2017	
	0 - 0,10 m			0,10 - 0,20 m		
Ma	0,000150	0,000100	1,50*	0,000025	0,000150	6,00*
Mi	0,001767	0,000808	2,19*	0,000317	0,000183	1,73*
PT	0,001292	0,000942	1,37*	0,000233	0,000142	1,64*
Ds	0,006442	0,001442	4,47*	0,003250	0,001158	2,81*
	0,20 - 0,30 m			0,30 - 0,40 m		
Ma	0,000025	0,000208	8,32**	0,000025	0,000342	13,68**
Mi	0,000217	0,000333	1,53*	0,000325	0,000233	1,39*
PT	0,000292	0,000392	1,34*	0,000233	0,000308	1,32*
Ds	0,003017	0,001067	2,83*	0,004358	0,000917	4,75*
	0 - 0,05 m			0,05 - 0,10 m		
RP	0,005608	0,018342	3,27*	0,183775	0,050150	3,66*
	0,10 - 0,15 m			0,15 - 0,20 m		
RP	0,058608	0,046242	1,27*	0,053042	0,049483	1,07*
	0,20 - 0,25 m			0,25 - 0,30 m		
RP	0,097050	0,090908	1,07*	0,225942	0,078775	2,87*
	0,30 - 0,35 m			0,35 - 0,40 m		
RP	0,140583	0,046833	3,00*	0,063717	0,067358	1,06*

*: Relação menor que 7:1, permite a análise de variância conjunta de dados.

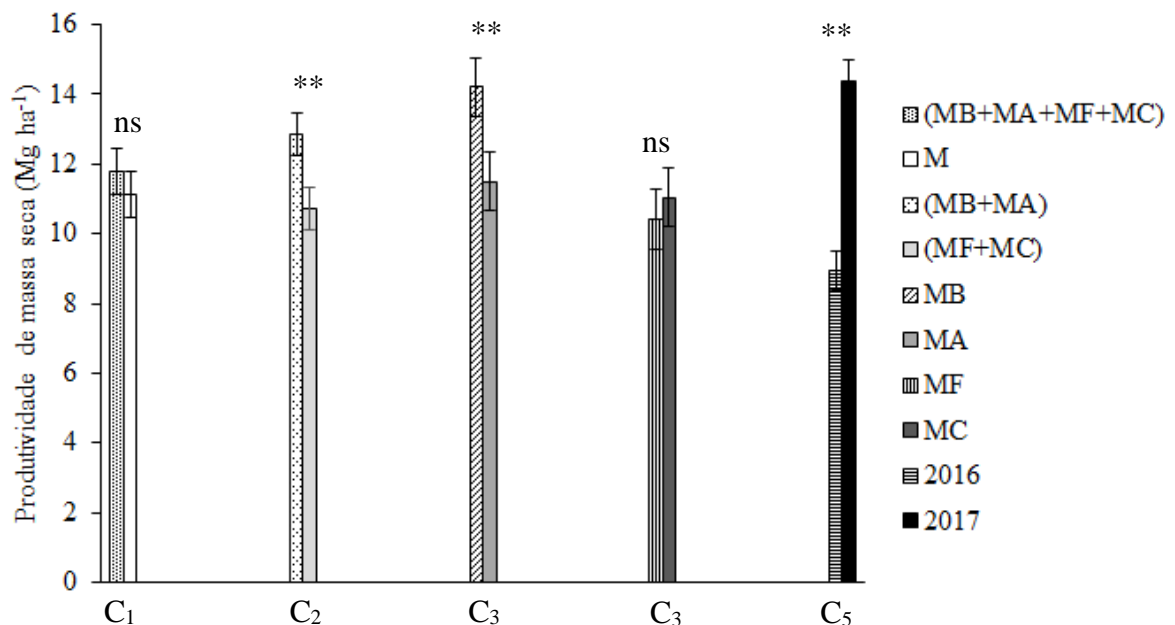
** : Relação maior que 7:1, não permite a análise de variância conjunta de dados.

A produtividade de MS entre o contraste C₁: (MB+MA+MF+MC) X (M) foi de 11,79 e 11,12 Mg ha⁻¹ respectivamente. Observa-se uma tendência de maior produtividade de MS no milho consorciado em relação ao monocultivo. Entretanto, este aumento não foi capaz de promover significância entre os resultados a 5% de probabilidade (Figura 2). Este menor desenvolvimento das plantas de cobertura da família *Fabaceae* foi observado durante a condução do experimento, em que as folhas dessa plantas caíam constantemente, produzindo pouca ou nenhuma ramificação. Demonstrando que estas espécies são poucas adaptadas a condição de redução de luz, a qual no consórcio foram submetidas.

Resultados semelhantes ao presente estudo foram obtidos por Collier et al. (2011) que não verificaram diferenças na produtividade de MS entre o cultivo de milho

consorciado com feijão-de-porco e o cultivo de milho em monocultivo. No entanto, resultados contrários foram encontrados por Seidel et al. (2015), que verificaram que o cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura do solo, aumentam em média 35 % a MS aportada ao solo em relação ao cultivo de milho cultivado em monocultivo. Menes da Silva (2016) verificou que o consórcio de milho com braquiária; milho com braquiária e crotalária; milho com braquiária e feijão guandu, promoveram os maiores incrementos de MS em relação ao cultivo de milho em monocultivo, no entanto, os consórcios de milho com crotalária e milho com feijão guandu, não promoveram aumento nos teores de MS.

Figura 2 - Produtividade de massa seca nos cultivos de milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura do solo nos anos de 2016 e 2017.



** : Contraste significativo pelo teste de Scheffé a 1 % de probabilidade, dentro de cada parâmetro avaliado.

* : Contraste significativo pelo teste de Scheffé a 5 % de probabilidade, dentro de cada parâmetro avaliado.

ns: Contraste não significativo pelo teste de Scheffé, dentro de cada parâmetro avaliado.

Quanto a comparação entre o cultivo de milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura do solo das famílias *Poaceae* e *Fabaceae*, contraste (C₂) verificou-se que o cultivo de milho consorciado com plantas da família *Poaceae* produziram 12,85 Mg ha⁻¹ e as plantas da família *Fabaceae* 10,73 Mg ha⁻¹; ou seja, houve um aumento de 2,12 Mg ha⁻¹ a mais de MS do que o cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura da família *Fabaceae* (Figura 2).

Resultados semelhantes foram encontrados por Souza e Guimarães (2013). Porém, resultados contraditórios são encontrados na literatura, Mottin et al. (2018) verificaram maior produtividade de MS em plantas da família *Fabaceae*, no entanto, Ziech et al. (2015) não verificaram diferenças na produtividade de MS entre essas família. Assim, vale destacar que essas oscilações são provocadas por fatores fitotécnicos, edáficos e climáticos (KLIEMANN et al., 2003). Além disso, as plantas de cobertura do solo da família *Fabaceae* apresentaram sensibilidade ao fotoperíodo causado pelo sombreamento da cultura do milho após seu completo desenvolvimento vegetativo.

Na avaliação da produtividade de MS do milho consorciado com plantas de cobertura da mesma família, verificou-se que no consórcio de milho com plantas da família *Poaceae*, o milho consorciado com braquiária, teve uma produtividade de MS 19 % superior ao cultivo de milho consorciado com a aveia preta (C₃) (Figura 2). Já no cultivo de milho consorciado com plantas da família *Fabaceae* não foram observadas diferenças (C₄) (Figura 2). A braquiária apresenta grande potencial produtivo, podendo em solos de alta fertilidade, produzir de 6,0 - 13,0 Mg ha⁻¹ de MS (PACHECO et al., 2011), além disso, o uso de plantas de cobertura do solo, com hábito perene, como as braquiárias, pode proporcionar significativo acúmulo de MS (PACHECO et al., 2008). Dessa forma, o consórcio de milho com braquiária é considerada uma técnica eficiente na formação de palhada para o SPD e proteção do solo (SILVA et al., 2011) contra a ação nociva da chuva e radiação solar.

Com relação a produtividade de MS entre os cultivos de milho segunda safra dos anos de 2016 e 2017, verificou-se que no cultivo do milho segunda safra no ano de 2016 foi de 8,94 Mg ha⁻¹, enquanto que ano de 2017 foi de 14,38 Mg ha⁻¹, uma diferença de 5,44 Mg ha⁻¹ (C₅) (Figura 2). A justificativa foi as condições climáticas mais favoráveis ocorridas no ano de 2017. Conforme podemos observar na Figura 1, houve melhor distribuição da precipitação pluviométrica no ano de 2017. Embora a precipitação acumulada durante os períodos de semeadura até a coleta das amostras de MS tenham sido maiores no ano de 2016 quando comparado ao ano de 2017, uma diferença de aproximadamente 270 mm, verificou-se que no ano de 2017 as distribuições totais mensais foram mais homogêneas que no ano de 2016, sendo que nos dois anos avaliados, as temperaturas máximas e mínimas tiveram o mesmo comportamento e apresentaram os mesmos valores médios de 28 °C de temperatura máxima e de 16 °C de temperatura mínima. Ter água disponível no momento e na quantidade em que as plantas mais

necessitam é fundamental para seu desenvolvimento e produção das culturas (SILVA et al., 2017).

Vale destacar que, embora a produtividade de MS tenha sido maior no ano de 2017, observou-se que o desenvolvimento das plantas de cobertura do solo foram inferiores as plantas de cobertura do ano de 2016, ou seja, a maior contribuição da MS no ano de 2017 ocorreu em função da MS da cultura do milho segunda safra.

Estimativas mostram que a produção média de MS aportada ao solo do milho segunda safra é de 4,5 Mg ha⁻¹ e, no milho cultivado na safra principal (safra de verão) é de 6,0 - 7,0 Mg ha⁻¹ (NICOLOSO et al., 2008). Assim, verifica-se que em todos os sistemas de cultivo do milho segunda safra, a produtividade de MS ficou acima desses valores, sendo o menor para o milho consorciado com feijão guandu anão (10,42 Mg ha⁻¹) e o maior para o milho consorciado com braquiária (14,20 Mg ha⁻¹) (Figura 2).

Esta produção de MS são considerados bons para manutenção dos teores de matéria orgânica do solo nas condições do Rio Grande do Sul. Segundo Lovato et al. (2004) a adição anual de MS deve ser no mínimo 8,0 Mg ha⁻¹. Assim, além de buscar por um sistema de cultivo com uma alta produção de MS, também devemos estar atentos a um sistema que apresente estabilidade na produção de MS.

Para as propriedades físicas do solo, observou-se que o maior volume de Ma e a menor Ds, na profundidade de 0 - 0,10 m, ocorreu no cultivo do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura do solo, apresentando 0,03 m³ m⁻³ a mais de Ma; um aumento de 40 %, que contribuiu para uma redução de 0,09 Mg m⁻³ na Ds, quando comparado ao cultivo da cultura do milho segunda safra sem o consórcio (C₁) (Tabela 2). Esses resultados são justificados pela maior concentração do volume de raízes no solo, promovido pelo uso das plantas de cobertura do solo no consórcio da cultura do milho segunda safra. As raízes das plantas também produzem matéria seca, esta produção pode ser de até 30% da MS produzida pela parte aérea.

O crescimento radicular e a constante absorção de água no perfil do solo (GUEDES FILHO et al., 2013), exerce pressão sobre o solo promovendo a aproximação de suas partículas, aumentando sua agregação. Além disso, as raízes liberaram exsudados orgânicos, gomas e mucilagens que atuam como agentes cimentantes das partículas do solo (CALONEGO; ROSOLEM, 2008), também aumenta a atividade microbológica do solo e que pode resultar em melhorias nas propriedades físicas do solo, tais como: Ma, Ds e agregação. Outra contribuição das raízes das plantas para melhoria do solo é que ao

se decompor há a formação de bioporos com ampla variação de tamanho (LIMA et al., 2012).

Entretanto, Seidel et al. (2015) não verificaram diferenças entre o cultivo de milho sem e com consórcio com plantas de cobertura do solo na macroporosidade e densidade do solo. Segundo os autores, isso ocorreu em função da imediata avaliação do solo após a colheita do milho, não tendo tempo o suficiente para que as raízes das plantas fossem decompostas pela biota do solo, além disso as avaliações foram realizadas em apenas um ano agrícola.

Tabela 2 - Valores dos macroporos (Ma), microporos (Mi), porosidade total (PT) e densidade do solo (Ds) nos cultivos de milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura do solo nos anos de 2016 e 2017 nas profundidades de avaliação de 0 - 0,10; 0,10 - 0,20; 0,20 - 0,30 e; 0,30 - 0,40 m.

Tratamentos	Ma	Mi	PT	Ds	Ma	Mi	PT	Ds
	m ³ m ⁻³				Mg m ⁻³			
	0 - 0,10 m				0,10 - 0,20 m			
MB	0,16	0,43	0,59	1,12	0,06	0,47	0,53	1,37
MA	0,08	0,47	0,54	1,25	0,05	0,50	0,55	1,32
MF	0,08	0,48	0,54	1,32	0,04	0,49	0,54	1,34
MC	0,08	0,50	0,57	1,22	0,04	0,49	0,54	1,33
M	0,06	0,46	0,56	1,32	0,05	0,47	0,53	1,38
Contrastes								
C ₁	0,03**	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,09*	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
C ₂	0,04**	-0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,08*	0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
C ₃	0,08**	-0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,13**	0,01 ^{ns}	-0,03**	-0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}
C ₄	0,00 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
2016	0,12	0,47	0,59	1,17	0,04	0,48	0,53	1,33
2017	0,06	0,47	0,54	1,32	0,06	0,49	0,54	1,36
Contraste								
C ₅	0,06**	0,00 ^{ns}	0,04*	-0,15**	-0,02*	-0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
	0,20 - 0,30 m				0,30 - 0,40 m			
MB	Na	0,46	0,52	1,36	Na	0,48	0,52	1,31
MA	Na	0,49	0,54	1,33	Na	0,50	0,56	1,37
MF	Na	0,49	0,54	1,36	Na	0,49	0,54	1,32
MC	Na	0,49	0,54	1,36	Na	0,51	0,56	1,33
M	Na	0,48	0,53	1,39	Na	0,48	0,53	1,35
Contrastes								
C ₁	Na	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	Na	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
C ₂	Na	-0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	Na	-0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
C ₃	Na	-0,03 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	Na	-0,02*	-0,04**	-0,06 ^{ns}
C ₄	Na	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	Na	-0,02 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
2016	Na	0,48	0,53	1,34	Na	0,49	0,53	1,33
2017	Na	0,49	0,54	1,38	Na	0,50	0,56	1,35
Contraste								
C ₅	Na	-0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	Na	-0,01 ^{ns}	-0,03**	-0,02 ^{ns}

** : Contraste significativo pelo teste de Scheffé a 1 % de probabilidade, dentro de cada parâmetro avaliado.

* : Contraste significativo pelo teste de Scheffé a 5 % de probabilidade, dentro de cada parâmetro avaliado.

^{ns}: Contraste não significativo pelo teste de Scheffé, dentro de cada parâmetro avaliado.
Na: Não avaliado na análise conjunta de dados.

Na profundidade de 0 - 0,10 m (Tabela 2), também houve diferença entre o cultivo de milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura das famílias *Poaceae* e *Fabaceae* na Ma e Ds. O cultivo do milho consorciado com as *Poaceae*, apresentou 0,04 m³ m⁻³ a mais de Ma e 0,08 Mg m⁻³ a menos de Ds (C₂). Os efeitos das diferentes famílias de plantas de cobertura utilizadas no consórcio com a cultura do milho segunda safra, estão atribuídas a dois fatores. O primeiro fator está relacionado as diferentes formas das estruturas radiculares de cada família, as *Poaceae* o sistema radicular é do tipo fasciculado e nas *Fabaceae* do tipo pivotante. Sendo o sistema radicular fasciculado, considerado o de maior capacidade em promover a agregação solo (CALONEGO et al., 2011a; KONDO et al., 2012) e a formação de macroporos, pois estas propriedades estão diretamente relacionadas; isto porque elas apresentam um maior volume de raiz, quando comparado os das *Fabaceae*. Estes resultados são corroborados pelos trabalhos de Mottin et al. (2018), que verificaram que as plantas de cobertura do solo da família *Poaceae* promoveram maior volume de macroporos na profundidade de 0 - 0,10 m do que as plantas da família *Fabaceae*.

Outro fator que contribuiu para maior qualidade física do solo onde se encontrava as plantas da família *Poaceae* foi a produtividade da MS. Como demonstrado anteriormente, o cultivo de milho consorciado com as *Poaceae* promoveu a maior produtividade de MS, 12,85 Mg ha⁻¹, o que aumentou a atividade microbiana, agregação e estruturação do solo (MEDEIROS et al., 2015). O maior conteúdo de matéria orgânica do solo, promovido pelo maior fornecimento de MS, é responsável pelos menores valores na Ds (LAURINDO et al., 2009; ROCHA et al., 2015).

A matéria orgânica do solo promove a floculação do solo, aumentando a Ma, reduzindo a relação massa/volume, causando a redução da Ds (LAURINDO et al., 2009). Esse fato, também explica a diferença de 50 % no volume de Ma e 10 % na Ds no cultivo do milho consorciado com braquiária quando comparado ao cultivo de milho consorciado com aveia preta (C₃) (Tabela 2). Vale destacar que valores da Ma inferiores a 0,10 m³ m⁻³, podem afetar o crescimento radicular da culturas (SEIDEL et al., 2015).

A densidade do solo média foi de 1,24 Mg m⁻³ e está próximo dos valores de 1,25 - 1,30 Mg m⁻³ que segundo Reichert et al. (2003) são considerados críticos para a maioria das culturas em solos com mais de 55 % de argila. Por outro lado, Reinert et al. (2001)

consideram como densidade crítica ao crescimento de raízes valores acima de $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$. Para Argenton et al. (2005), quando a densidade do solo for superior a $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$, devem-se realizar práticas de cultivo que favoreçam o crescimento do sistema radicular e aumente a agregação, o que resultará em redução no valor da densidade do solo.

Nas profundidades de 0,10 - 0,20 e 0,30 - 0,40 m (Tabela 2), o cultivo de milho consorciado com aveia preta apresentou a maior Mi, em média 5% a mais que o cultivo de milho consorciado com aveia preta (C₃). O aumento do volume de Mi quando associada a redução do volume de Ma, pode ser um indicativo de compactação do solo (FONSECA et al., 2007). Porém, esse fato não foi observado nesse presente estudo.

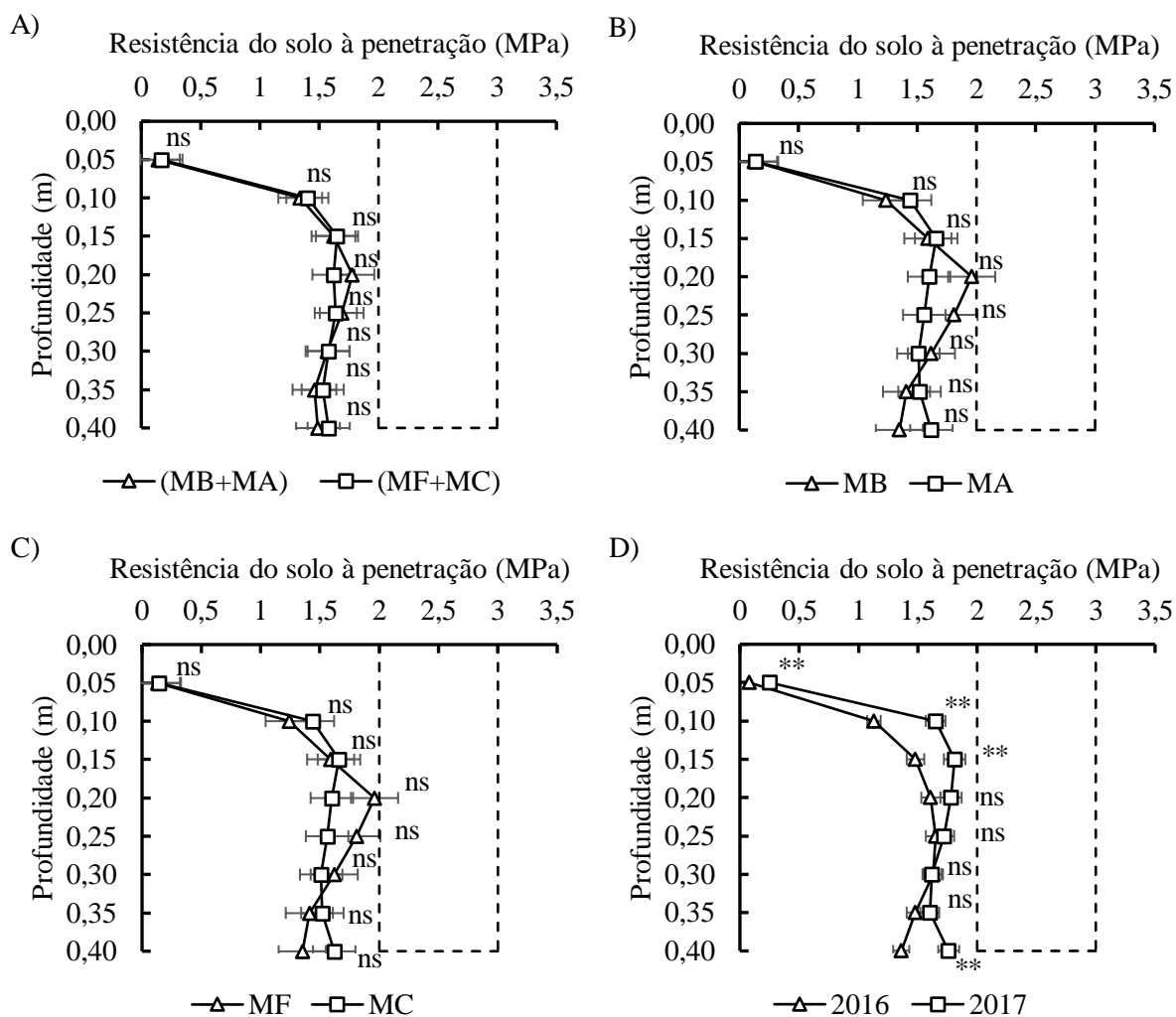
Na profundidade de 0,30 - 0,40 m (Tabela 2), também observou-se que o cultivo de milho consorciado com aveia preta, promoveu o aumento na PT em $0,04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Isso ocorre devido o sistema radicular da aveia preta ser mais agressivo (LOPES et al., 2013), uniforme e abundante em todo o volume de solo, contribuindo para a estabilidade dos agregados de maior diâmetro, melhorando a qualidade estrutural do solo (COSTA, 2014). Além disso, as raízes das plantas apresentam uma contribuição de 30 % do carbono produzido na parte aérea, aumentando facilmente a PT (SILVA et al., 2011).

Na comparação entre os anos de cultivo do milho segunda safra 2016 e 2017 (C₅), verificou-se que na profundidade de 0 - 0,10 m, o cultivo no ano de 2016 foi superior em $0,06$ e $0,04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a mais no volume de Ma e PT, além de promover uma redução de $0,15 \text{ Mg m}^{-3}$ na Ds, quando comparado ao ano de cultivo de 2017 (Tabela 2). Na profundidade de 0,10 - 0,20 m, o maior volume de Ma foi no cultivo do milho no ano de 2017, $0,04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a mais que o cultivo do milho no ano de 2016 (C₅). Além disso, o cultivo da cultura do milho no ano de 2017, também promoveu um aumento de $0,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na PT na profundidade de 0,30 - 0,40 m (C₅).

Na comparação entre os sistemas de cultivo do milho segunda safra em monocultivo e com consórcio com plantas de cobertura do solo, não foram observadas diferenças nos valores da RP (Figura 3).

Figura 3 - Resistência do solo à penetração nos cultivos de milho segunda safra com e sem consórcio com plantas de cobertura do solo nos anos de 2016 e 2017.

Figura 4 - Resistência do solo à penetração nos cultivos de milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura do solo nos anos de 2016 e 2017.



** : Contraste significativo pelo teste de Scheffé a 1 % de probabilidade, dentro de cada parâmetro avaliado.

* : Contraste significativo pelo teste de Scheffé a 5 % de probabilidade, dentro de cada parâmetro avaliado.

ns: Contraste não significativo pelo teste de Scheffé, dentro de cada parâmetro avaliado.

No entanto, verificou-se que nos consórcios de milho com braquiária e milho com feijão guandu anão o maior valor de RP nos dois sistemas de cultivo foi de 1,96 MPa, ficando muito próximo ao valor considerado como limite crítico para a maioria das culturas, 2,0 MPa (SANTOS et al., 2015), porém esse limite pode variar entre 2 - 3 MPa (IMHOFF et al., 2000) em função da umidade do solo no momento da avaliação.

Na comparação entre os anos de cultivo 2016 e 2017, observou-se que o cultivo da cultura do milho no ano de 2016 apresentou os menores valores de RP nas profundidades de 0,05 - 0,15 e 0,40 m, quando comparado ao cultivo do milho no ano de

2017. Esses efeitos estão relacionados ao melhor desenvolvimento das plantas de cobertura no cultivo do milho segunda safra no ano de 2016 quando comparado ao cultivo da safra do ano de 2017. Fato esse que também explica os melhores resultados para Ma, PT e Ds na profundidade de 0 - 0,10 m, observados na Tabela 2.

As plantas de cobertura do solo quando bem desenvolvidas, possuem elevado crescimento radicular que permite a descompactação biológica dos solos, por meio da formação de canais naturais, melhorando o desempenho dos sistemas agrícolas (BONFIM-SILVA et al., 2012). Debiasi et al. (2010), Calonego et al. (2011b) e Lima et al. (2015) verificaram que o uso de plantas de cobertura do solo são eficiente em reduzir a compactação dos solos agrícolas, promovendo dessa forma melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (CALEGARI et al., 2009).

CONCLUSÕES

O sistema de consórcio milho segunda safra com plantas de cobertura do solo, não promoveu o aumento de massa seca sobre o solo, nem influenciou na resistência do solo à penetração das raízes.

O cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura da família *Poaceae*, em especial a braquiária, é mais eficiente para o aumento da massa seca quando comparado a da família *Fabaceae*. Também são mais eficientes em promover melhorias na macroporosidade e redução na densidade do solo na profundidade de 0 - 0,10 m. E dentro da família *Poaceae* as braquiárias são mais eficientes do que a aveia preta.

O cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura de cobertura do solo, promoveu melhorias na qualidade física do solo na profundidade de 0 - 0,10 m.

REFERÊNCIAS

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 425-435, 2005.

BALIN, N. M.; ZIECH, A. R. D.; OLIVEIRA, J. P. M. DE; 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. **Scientia Agraria**, v.18, p. 85-94, 2017.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação Agrícola**. 4ª ed. Jaboticabal: Funep, 2006.

BONFIM-SILVA, E. M.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; REIS, R. H. P. dos; CAMPOS, J. J.; SCARAMUZZA, W. L. M. P. Establishment of xaraés and marandu grasses under levels of soil compaction. **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 727-735, 2012.

BOTTEGA, E. L.; BOTTEGA, S. P.; SILVA, S. A.; QUEIROZ, D. M.; SOUZA, C. M. A.; RAFAULL, L. Z. L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho distroférico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 331-336, 2011.

CALEGARI, A., COSTA, A. Manutenção da cobertura melhora atributos do solo. **Visão Agrícola**, v. 9, p. 13-16, 2009.

CALONEGO, J. C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e Braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2183-2190, 2011a.

CALONEGO, J. C.; GOMES, T. C.; HENRIQUE, C.; TIRITAN, C. S. Cover Crops Growth in Compacted Soil. **Bioscience Journal**, v. 27, p. 289-296, 2011b.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotação de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1399-1407, 2008.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina: Instituto agrônômico do Paraná, 2000.

COLLIER, L. S.; KIKUCHI, F. Y.; BENÍCIO, L. P. F.; DE SOUSA, S. A. Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira Tropical**, v. 41, p. 306-313, 2011.

COSTA, P. F. **Manejo das culturas de inverno e sua influência sobre as propriedades físicas do solo, dinâmica de plantas daninhas, teor e acúmulo de nutrientes**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2014.

DAN, H. D. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; DAN, L. G. de M.; BRAZ, G. B. P.; BALBINOT, E.; SOUSA, F. G.; REIS, R. H. P. Controle de plantas daninhas em sistemas de cultivo consorciados. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, p. 108-118, 2012.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 1796-1805, 2013.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 603-612, 2010.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, A. R. DA; OLIVEIRA, G. C. DE; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo vermelho

distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Revista Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 22-30, 2007.

GUEDES FILHO, O.; DA SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A. Structural properties of the soil seedbed submitted to mechanical and biological chiseling under no-tillage. **Geoderma**, v. 204-205, p. 94-101, 2013.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, 2000.

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

KONDO, M. K.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; WENDLING, B.; DA SILVA, P. B.; CARDOSO, M. M. Efeito de coberturas vegetais sobre os atributos físicos do solo e características agronômicas do sorgo granífero. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 33-40, 2012.

LAURINDO, M. C. D. O.; NÓBREGA, L. H. P.; PEREIRA, J. O.; MELO, D.; LAURINDO, É. L. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, p. 367-374, 2009.

LIMA, L. B. DE; PETTER, F. A.; LEANDRO, W. M. Desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 1064-1071, 2015.

LIMA, V. M. P.; DE OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; CURI, N.; EVANGELISTA, A. R. Intervalo hídrico ótimo como indicador de melhoria da qualidade estrutural de Latossolo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 71-78, 2012.

LOPES, H. J.; WEBER, F. S.; GUILHERME, V.; SALVADOR, R.; VALICHESKI, R. R.; STÜRMER, S. L. K. Resistência mecânica do solo a penetração e produtividade da cultura do milho sob distintas plantas de cobertura e doses de nitrogênio. In: VI MOSTRA NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA INTERDISCIPLINAR – MICTI, 30, 2013, Camboriú. **Anais[...]** Camboriú: Instituto Federal Catarinense, 2013.p.1.

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 Ciência do Solo**, v. 28, p. 175-187, 2004.

MEDEIROS, A. R.; JÚNIOR, C. L. C.; PEREIRA, J. O.; OLIVEIRA, F. A.; AMARO FILHO, J. Avaliação da compactação do solo por meio de um ensaio oedométrico. **Revista Verde Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, p. 09-22, 2015.

MENES DA SILVA, K. **Produtividade de milho consorciado com plantas de coberturas em solo arenoso**. 57 f. Dissertação. Universidade Federal do Piauí, Piauí, 2016.

- MOTTIN, M. C.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; VANELLI, J.; ALVES, A. L.; RICHART, A.; FRANDOLOSO, J. F.; ANSCHAU, K. A.; FRANZISKOWSKI, M. A. Biomass Productivity and Physical Properties of the Soil after Cultivation of Cover Plant in the Autumn and Winter. **American Journal of Plant Sciences**, v. 09, p. 775-788, 2018.
- MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 531-538, 2001.
- NEGRINI, A. C. A. **Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos verdes**. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.
- NICOLOSO, R. S.; AMADO, T. J. C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1723-1734, 2008.
- PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. DE A.; 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**, v. 46, p. 17-25, 2011.
- PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; DO CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobresemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 815-823, 2008.
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. 1ª ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência Ambiental**, v. 20, 2003.
- REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria: Departamento de solos, 2006. 18p.
- ROCHA, S. P. DA; PREVEDELLO, J.; REINERT, D. J.; FLEIG, F. D.; VOGELMANN, E. S.; SOARES, J. C. W.; HEINZ, B. B. Propriedades físicas do solo e crescimento de eucalipto implantado em diferentes métodos de preparo do solo. **Scientia Forestalis**, v. 43, p. 965-977, 2015.
- SANTOS, M. H. F.; RIBON, A. A.; FERNANDES, K. L.; SILVA, O. C. C.; OLIVEIRA, L. C.; SILVA, A. A. Estimativa da compactação através da resistência do solo à penetração em solo sob diferentes culturas e mata nativa. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 27, n. 1, p. 49-62, 2015.
- SEIDEL, E. P.; MATTIA, V.; MATTEI, E.; CORBARI, F. Produção de Matéria Seca e Propriedades Físicas do Solo na Consorciação Milho e Braquiária. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, p. 18-24, 2015.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B.; MAGALHÃES, E. N. Potencial de descompactação de um Argissolo promovido pelo capim-tifton 85. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 39-45, 2010.

SILVA, M. G. O.; FREITAS, F. C. L.; MESQUITA, H. C.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; RODRIGUES, A. P. M. DOS S.; SANTANA, F. A. O. Rendimento de grãos de cultivares de milho em consórcio com *Brachiaria brizantha*. **Agropecuária científica no Semi-árido**, v. 7, p. 23-29, 2011.

SILVA, M. S. M.; CARNEIRO, M. S. S.; EDVAN, R. L.; SANTIAGO, F. E. M.; NÓBREGA, J. C. A.; SANTIAGO, F. L. A. Diferentes turnos de rega sobre o crescimento e produção de *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. **Revista Ciências Agrárias**, v. 40, p. 430-435, 2017.

SILVA, T. C.; MACEDO, C. H. O.; ARAÚJO, S. S.; PINHO, R. M. A.; PERAZZO, A. F.; SANTOS, E. M.; GONZAGA NETO, S. Características agronômicas do capim *Brachiaria decumbens* submetido a intensidades e frequências de corte e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 3, p. 583-593, 2011.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 374-382, 2015.

Recebido em: 05/07/2022

Aprovado em: 12/08/2022

Publicado em: 16/08/2022