

Culturas antecessoras influenciando a cultura de milho e os atributos do solo no sistema de plantio direto

Roone Maicon Gonçalves Martins e Edgard Jardim Rosa Junior*

Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Rodovia Dourados-Itahum, km 12, Cx. Postal 533, 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: jjunior@ceud.ufms.br

RESUMO. Com o objetivo de avaliar a produção de biomassa de plantas de cobertura, a cobertura morta remanescente, algumas características agronômicas do milho e atributos do solo, realizou-se o experimento no ano agrícola de 2002/2003, na UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul, em um Latossolo Vermelho distroférico, utilizando as culturas de cobertura de inverno aveia-preta, ervilhaca-peluda, nabo-forrageiro e o consórcio entre elas, todas antecedendo ao cultivo de milho no sistema de plantio direto. A produção de biomassa da ervilhaca-peluda foi menor do que as demais. A persistência da cobertura morta sobre o solo, quando se usou aveia-preta, foi mais longa. Não ocorreram diferenças significativas no rendimento de milho sob as diferentes coberturas vegetais. A aveia-preta proporcionou maior grau de floculação para o solo estudado. Os valores de fósforo e de potássio do solo com o uso da aveia-preta foram menores. Os resultados indicam algumas particularidades das culturas utilizadas em cobertura, as quais, para a região em questão, podem inviabilizar seu uso como fonte de biomassa a ser deixada na superfície do solo.

Palavras-chave: plantas de cobertura, química do solo, atributos físicos, biomassa.

ABSTRACT. Preceding cultures conditioning corn crop development and soil attributes in no tillage system. With the objective of evaluating the covering biomass, the remainder dead covering, some corn agronomic characteristics and soil attributes, an experiment was carried out in the agricultural year of 2002/2003, at UFMS (*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*, Dourados, State of Mato Grosso do Sul), in a Dystrothox, using the winter covering cultures: black oat, hairy vetch, oilseed radish and the association among the three species, all preceding the corn crop in no tillage system. The biomass production of hairy vetch was smaller than the others. The remaining dead cover on soil when using black oat was longer. There were no significant differences in corn crop yield under the different covering vegetables. Black oat provided a bigger degree of flocculation to the studied soil. Phosphate and potassium values in soil with the use of black oat showed to be lower. The results indicate some specificities from the used covering crops whose use can be inappropriate as a soil surface source of biomass.

Key words: covering crops, soil chemical, physical attributes, biomass.

Introdução

A prática de agricultura, em função de operações de manejo do solo nem sempre adequadas, tem proporcionado conseqüências indesejadas ao mesmo, especialmente quanto à conservação, reduzindo a sua capacidade produtiva. Dentre os fatores que podem contribuir para agravar essa situação, destaca-se a falta de proteção superficial que favorece o impacto direto das gotas de chuva, reduzindo o tamanho dos agregados do solo e, dessa forma, podendo ocasionar o encrostamento da camada superficial e o aumento da compactação do solo, diminuindo a quantidade de

água infiltrada e, conseqüentemente, aumentando a possibilidade de ocorrer erosão.

A cobertura do solo passa a ser um dos fatores mais eficientes na minimização dos efeitos indesejáveis que advêm da exploração dos solos agrícolas, devido, especialmente, à ação protetora proporcionada pelos resíduos orgânicos deixados pelas culturas, os quais atuam interceptando as gotas de chuva e dissipando sua energia cinética.

Em sistemas conservacionistas, como o plantio direto, os restos culturais são mantidos na superfície, promovendo aumento no teor de matéria orgânica, redução da erosão e melhoria nas propriedades físicas e químicas do solo (Cecon *et al.*, 2002; Tobal *et al.*,

2002). Um fator determinante do sucesso do sistema de plantio direto é a escolha da espécie de cobertura do solo, pois será ela com seus benefícios intrínsecos que proporcionará maior ou menor ciclagem de nutrientes benéficos à cultura em sucessão. Dentre as principais características buscadas, as plantas utilizadas como fonte de cobertura vegetal devem proteger o solo e melhorar as suas características físicas, químicas e biológicas para a cultura subsequente, contribuindo com o suprimento de nitrogênio, incrementando assim o rendimento de grãos (Aita, 1997).

Outro fator importante para o sistema de plantio direto é o teor de matéria orgânica, considerada uma forma de estoque de nutrientes, por promover melhorias na agregação do solo, evitando, dessa forma, a erosão e mantendo sua umidade por um período maior (Moterle *et al.*, 2002). A matéria orgânica é um indicador da qualidade do solo e pode ser avaliada por meio de algumas características por ela condicionadas, como a capacidade de infiltração e retenção de água, resistência à erosão, atividade biológica, capacidade de troca de cátions, disponibilidade de nutrientes às plantas, lixiviação de nutrientes e liberação de CO₂ (Amado *et al.*, 2000).

Algumas espécies merecem destaque por seus benefícios físico-químicos ao solo, entre elas a aveia-preta, a ervilhaca-peluda e o nabo-forrageiro, como plantas antecessoras de inverno (da Ros e Aita, 1996; Amado *et al.*, 2000). Alguns autores têm dado atenção também aos efeitos positivos do consórcio dessas culturas (Giacomini, 2001; Giacomini *et al.*, 2003).

O milho, por sua vez, destaca-se pelo grande uso na alimentação humana e animal e na indústria, merecendo atenção especial. Sob esse ponto de vista, alternativas de sucessão de culturas podem influenciar a produtividade dessa cultura e, portanto, merecem ser avaliadas, tanto pelos seus efeitos diretos quanto pelos seus efeitos indiretos.

O objetivo deste trabalho foi estudar e mensurar o efeito de diferentes culturas antecessoras à cultura de milho sobre a quantidade de biomassa deixada sobre o solo, a sua cobertura morta remanescente, as características agronômicas da cultura do milho e alguns atributos físicos e químicos do solo.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul, localizado entre 22°14' de Latitude S e 54°56' de Longitude W Greenwich, com altitude média de 458 m e topografia plana. O solo da área experimental é classificado como Latossolo

Vermelho distroférico, textura argilosa, sob vegetação de cerrado.

O clima é considerado como Cwh, de acordo com a classificação de Köppen, já que a temperatura do mês mais frio situa-se entre -3°C a 18°C; possui período seco de inverno e temperatura média anual maior do que 18°C.

Os tratamentos experimentais foram implantados após o cultivo da cultura de soja, sob condições de sequeiro, sendo utilizadas as culturas antecessoras ao milho, a aveia-preta, o nabo-forrageiro, a ervilhaca e a consorciação AEN (das três culturas na proporção de 50% de aveia-preta + 25% ervilhaca-peluda + 25% nabo-forrageiro), no sistema de plantio direto. A pesquisa foi conduzida e analisada sob o modelo experimental de blocos ao acaso, com três repetições, em parcelas subdivididas para as variáveis relacionadas com os atributos do solo. As parcelas experimentais mediam 36 m de comprimento por 10 m de largura, sobre as quais se cultivaram as culturas antecipadamente definidas como antecessoras à cultura de milho. As culturas antecessoras ao milho foram semeadas entre os dias 2 e 3 de maio de 2002 e depois manejadas com rolo-faca no dia 23 de agosto de 2002.

Foi utilizado no experimento o híbrido triplo de milho Dekalb 350 precoce, o qual foi semeado no dia 14 de novembro de 2002. Na operação de semeadura, realizou-se a adubação com 400 kg.ha⁻¹ da fórmula 7-20-20 mais zinco (3%). O manejo das plantas de cobertura de solo consistiu da aplicação do dessecante glyphosate na dosagem de 3 L.ha⁻¹, passando-se o rolo-faca após o período de ação do herbicida (10 dias). O controle de plantas daninhas, visando à cultura de milho, foi realizado em pós-emergência, utilizando como herbicida o princípio ativo nicosulfuron, sendo o controle de pragas realizado obedecendo o manejo integrado de pragas.

A produção de massa seca das culturas antecessoras foi determinada no florescimento da cultura de milho, amostrando-se uma área de 0,5 m² por parcela. A seguir, o material coletado foi levado para secagem em estufa com circulação de ar forçada a 65°C-68°C, até atingir peso constante.

A cobertura do solo foi avaliada, utilizando uma adaptação do método de transeção linear (Sloneker e Moldenhauer, 1977), constituindo-se no uso de uma corda fina e flexível de 15 m de extensão, subdividida em intervalos de 0,15 m, totalizando 100 pontos previamente marcados. A percentagem de cobertura do solo se dará diretamente pelo número de nós que coincidirem com os pontos cobertos com palha. As determinações foram feitas de 30 em 30 dias a partir da semeadura de milho.

As características agronômicas do milho foram avaliadas escolhendo-se aleatoriamente duas linhas de 5 m dentro do tratamento; e a

produtividade, colhendo-se as espigas desse espaço delimitado com área de 9 m². Nas linhas, foram determinadas: altura de plantas, altura de espiga, índice de espiga, número de plantas e de espigas e produção. Após a trilhagem das espigas, os grãos foram pesados, e foi determinado o grau de umidade, com os valores convertidos a 13% de umidade e extrapolados para kg.ha⁻¹.

Além das determinações mencionadas, foram feitas análises complementares de solo referentes às camadas 0 – 0,04; 0,04 – 0,08; 0,08 – 0,12; 0,12 – 0,16; 0,16 – 0,20; 0,20 – 0,24 e 0,24 – 0,28 m: a) análise química completa; b) densidade do solo; c) densidade das partículas; d) porosidade total; e) análise textural; f) argila dispersa em água e grau de flocculação.

Para análise estatística, utilizou-se o aplicativo computacional Saeg, e todas as variáveis foram estudadas por meio de análise de variância, sendo posteriormente os fatores qualitativos avaliados por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias.

Resultados e discussão

Os resultados da biomassa proporcionada pelas culturas antecessoras à cultura do milho são apresentados na Tabela 1. Observa-se que os tratamentos em que se utilizou a aveia-preta e a consorciação AEN foram os que proporcionaram as maiores quantidades de matéria seca provenientes da biomassa vegetal, sendo que a aveia-preta foi a cultura que produziu maior quantidade de material orgânico a ser depositado sobre o solo (Tabela 1). Essa cultura é apontada como excelente opção no processo de formação de cobertura de solo, e proporciona ainda uma longa persistência dos seus resíduos culturais após o manejo (Derpsch *et al.*, 1985; Da Ros, 1993).

Segundo Gomes *et al.* (1997), a melhor performance apresentada pelas poáceas em relação às fabáceas no outono/inverno está ligada, entre outros aspectos, à característica de desenvolvimento inicial mais rápido, o que proporciona uma melhor adaptação às condições edafoclimáticas adversas.

Tabela 1. Biomassa proporcionada pelas culturas antecessoras à cultura de milho no pleno florescimento.

Culturas antecessoras	Biomassa seca (t.ha ⁻¹)
Aveia-preta	5,567 a
Ervilhaca-peluda	3,118 b
Nabo-forrageiro	4,407 ab
Aveia+ervilhaca+nabo	5,485 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A decomposição da biomassa oriunda dos tratamentos realizados, ocasionando perda de matéria seca (t.ha⁻¹)

depositada sobre o solo, pode ser observada por meio da Figura 1. Verifica-se, para o período considerado de 5 meses, um acentuado índice de redução da quantidade total de matéria seca originalmente existente. Embora todas as culturas estudadas apresentem uma mesma tendência de redução da quantidade de matéria seca previamente existente sobre o solo, pode-se constatar que a curva representativa da taxa de decomposição dos resíduos do nabo-forrageiro foi mais acentuada, o que pode ser ilustrado pela presença remanescente de apenas 16,18% da matéria seca original após o curto período de exposição, que foi de 150 dias. Os tratamentos com aveia-preta e com ervilhaca-peluda tiveram um comportamento de degradação da matéria orgânica superficial semelhante.

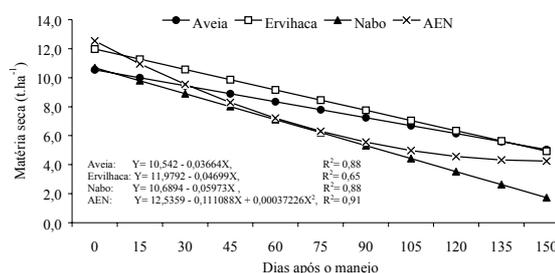


Figura 1. Variação temporal da biomassa (expressa em matéria seca) originada do cultivo de aveia, ervilhaca, nabo e aveia + ervilhaca + nabo, no período de agosto de 2002 a março de 2003.

Observa-se ainda na Figura 1, que, embora a cultura da aveia-preta não tenha contribuído com a maior quantidade de matéria seca deixada sobre a superfície do solo, após o período de avaliação, a tendência é de que persistam quantidades maiores de matéria seca do que as outras culturas utilizadas.

Empregando-se as equações de regressão das curvas (Figura 1), e considerando que não ocorressem outras deposições de materiais orgânicos sobre o mesmo solo, e que as condições climáticas continuassem como no período inicial, aos 180 dias de ação dos agentes decompositores, ter-se-ia, superficialmente, nas parcelas que receberam a cultura de aveia-preta a quantidade de 3,95 t.ha⁻¹ de massa seca, e nas parcelas que receberam o nabo-forrageiro, a quantidade de 0,1 t.ha⁻¹. Essa diferença em termos quantitativos de cobertura morta superficial pode significar, especialmente sob condições adversas de clima, para o sistema de plantio direto, a diferença entre o sucesso e fracasso de seu uso.

A dinâmica da decomposição desses resíduos deve, no entanto, considerar ainda, de acordo com Rosa Junior (1991), todos os fatores atuantes no processo de decomposição, dentre os quais, para o caso em questão, pode ser ressaltada a ação da cultura da soja, cultivada anteriormente à implantação das culturas antecessoras, a qual atua como fornecedora de N que estreita a relação C/N e favorece a aceleração do processo de decomposição.

Pela Figura 2, pode-se observar a ação da massa seca remanescente das culturas antecessoras sobre a cobertura do solo (%). Esse parâmetro depende, além da quantidade de biomassa deixada pela cultura em questão, de sua qualidade, que, de acordo com Rosa Junior (1991), deve considerar o conteúdo de nutrientes no material e sobretudo sua relação C/N.

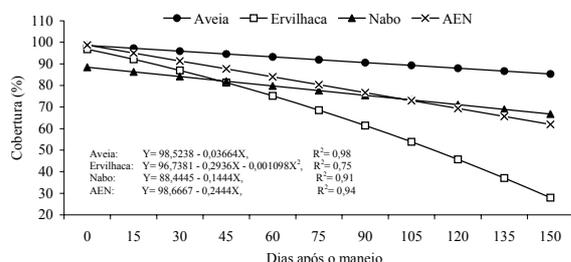


Figura 2. Curvas da cobertura morta em percentagem de aveia, ervilhaca, nabo e aveia+ervilhaca+nabo, no período de agosto de 2002 a março 2003.

Pelas curvas de decomposição da cobertura morta (Figura 2), pode-se observar que destacou-se o tratamento que recebeu a aveia-preta como cultura antecessora so milho, o que provavelmente deve ter ocorrido em função, especialmente, da relação C/N do material (Aita e Giacomini, 2003). Embora as quantidades iniciais de biomassa oriundas das culturas antecessoras utilizadas tivessem sido grandes (Figura 1), nenhuma delas proporcionou, mesmo imediatamente após o manejo de suas palhadas, uma cobertura total do solo. As maiores taxas de cobertura do solo foram obtidas imediatamente após o manejo das palhadas, pelas culturas antecessoras e foram de 98,7%, 98,5%, 97,7% e 88,5%, respectivamente, para a consorciação de aveia-preta, ervilhaca-peluda e nabo-forrageiro, cultura de aveia, cultura de ervilhaca e cultura de nabo-forrageiro (Figura 2).

Considerando que, de acordo com Alvarenga *et al.* (2001), o mínimo exigido de cobertura de solo para o estabelecimento do plantio direto é de 50%, torna-se arriscado a sugestão do cultivo de plantas que não contemplem esse critério, o que implica a exclusão da ervilhaca-peluda como alternativa viável de fonte de materiais orgânicos a serem deixados na superfície do solo para diminuir sua exposição. Esse fato é considerável em função da importância da cobertura do solo, notadamente pela sua atribuição fundamental de absorção do impacto direto das gotas de chuva, proteção da superfície do solo da ação direta dos raios solares, diminuição da amplitude térmica, redução da desagregação do solo, minimizando a formação de camadas compactadas superficiais, podendo aumentar a infiltração de água (Hungria *et al.*, 1997; Cruz *et al.*, 2001).

A única característica agrônômica das plantas de milho que foi influenciada significativamente pelas

plantas antecessoras utilizadas foi a altura da primeira espiga (Tabela 2).

Segundo Possamai *et al.* (2001), plantas com inserção de espiga mais alta apresentam vantagem na colheita mecanizada, porque podem apresentar menor perda de espigas nessa operação.

O rendimento da cultura de milho não diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% (Tabela 2), entretanto, Derpsch *et al.* (1985), trabalhando com diversas coberturas verdes de inverno, mostraram que as fabáceas, antecedendo à cultura de milho, proporcionaram maior rendimento de grãos do que as poáceas.

Os valores de fósforo são apresentados na Tabela 3. Verifica-se que o menor valor de fósforo no solo foi observado para a rotação de milho sobre a aveia-preta. Esse resultado pode ser explicado em função de que as demais culturas antecessoras têm vantagem quanto à absorção desse elemento em relação à aveia, além de apresentarem decomposição mais rápida, podendo ter liberado o fósforo reciclado para solo.

Tabela 2. Altura da espiga e produtividade do milho em função das culturas antecessoras utilizadas.

Culturas antecessoras	Altura da espiga(cm)	Produtividade(kg.ha ⁻¹)
Aveia-preta	100,46 ab	3777,56 a
Ervilhaca-peluda	104,00 a	3918,45 a
Nabo-forrageiro	94,94 b	3655,43 a
Aveia+ervilhaca+nabo	100,55 ab	4017,42 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Valores médios de matéria orgânica do solo (MOS), pH em KCl, pH em H₂O, ΔpH e P amostrados em um Latossolo Vermelho distroférrico em função das culturas antecessoras à cultura de milho entre 0 – 0,28 m de profundidade.

Culturas antecessoras	MOS (mg.dm ⁻³)	pH KCl	pH H ₂ O	ΔpH	P (mg.dm ⁻³)
Aveia-preta	26,92 a	5,19 a	5,99 a	-0,80 a	7,76 b
Ervilhaca-peluda	28,92 a	5,02 a	5,76 a	-0,74 a	12,00 ab
Nabo-forrageiro	28,50 a	4,81 a	5,43 a	-0,62 a	14,86 a
Aveia+ervilhaca+nabo	28,03 a	4,81 a	5,55 a	-0,74 a	14,38 ab

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Giacomini *et al.* (2003), estudando os efeitos de cultivos isolados e consorciados de aveia, ervilhaca e nabo sobre a produção de MS, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea das plantas, verificaram que as quantidades de fósforo apresentadas pela ervilhaca foram superiores à da aveia, embora tenham produzido menor quantidade de matéria seca. Também observou-se que o nabo-forrageiro teve destaque quanto à quantidade de fósforo acumulado, quando cultivado isoladamente, já no cultivo consorciado de aveia + nabo, os autores citam que o nabo pode ter favorecido a absorção de fósforo pela aveia, já que o acúmulo desse elemento no consórcio foi maior do que os valores obtidos do cultivo isolado de aveia.

A Figura 3 mostra os valores de fósforo no solo em função das culturas antecessoras ao milho e da profundidade. Verifica-se que na camada de 0 – 0,12 m de profundidade foram encontradas as maiores quantidades de fósforo no solo, representando 77% do total do elemento contido em todo o perfil estudado. Sá (1999) fez um levantamento em área submetida ao sistema de plantio direto por um período de 15 anos e observou que na camada superficial (0 – 0,10 m) havia uma elevada concentração de fósforo, com cerca de 88% do total do elemento disponível de todo o encontrado até a profundidade de 0,3 m, confirmando o processo de estabilização da área. Os motivos para essa concentração do fósforo na superfície, segundo o mesmo autor, são o não revolvimento do solo, que minimiza o processo de fixação e a decomposição gradual dos resíduos que proporcionam a liberação e a redistribuição no perfil de formas orgânicas mais estáveis do elemento e menos suscetíveis as reações às absorção.

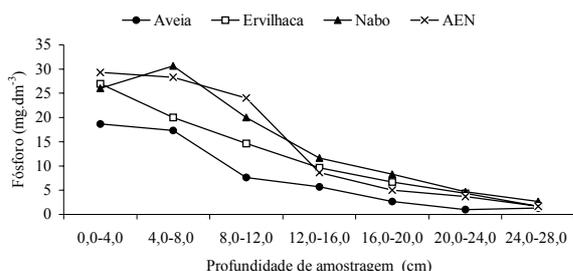


Figura 3. Valores de fósforo no solo (mg.dm⁻³) em função da profundidade de amostragem e das culturas antecessoras utilizadas ao cultivo de milho.

Os valores de potássio são apresentados na Tabela 4. Pode-se observar que os maiores valores de potássio obtidos no consórcio podem estar relacionados a uma maior eficiência em seu reciclo no solo. Segundo Da Ros (1993), as leguminosas demonstram habilidade na ciclagem desse elemento disponível no solo.

Giacomini *et al.* (2003) observaram, quanto ao acúmulo de potássio, que os tratamentos constituídos por consórcios não diferiram, nem

Tabela 4. Valores médios de K⁺, Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺+Al³⁺, T e V de um Latossolo Vermelho distroférrico em função das culturas antecessoras à cultura do milho 0 – 0,28 m de profundidade.

Cultura antecessora	K ⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ +Al ³⁺	T	V (%)
Aveia-preta	1,87 b	0,74 a	51,74 a	21,37 a	47,14 a	122,12 a	61,01 a
Ervilhaca-peluda	3,78 ab	1,33 a	51,00 a	19,46 a	49,62 a	123,87 a	59,14 a
Nabo-forrageiro	3,22 ab	1,54 a	44,65 a	15,72 a	58,24 a	121,83 a	52,06 a
Aveia+ervilhaca+nabo	7,04 a	1,30 a	43,47 a	18,35 a	49,62 a	118,48 a	56,61 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

entre si e nem do nabo isolado, além de superarem e superam a aveia e a ervilhaca.

A Tabela 5 traz os resultados de densidade do solo, de partículas e a porosidade do total para o estudo em questão.

Observa-se que não houve diferença significativa em função das culturas antecessoras ao milho sobre as variáveis densidade do solo e porosidade total. O único efeito significativo sobre os atributos contidos nessa tabela foi obtido sobre os valores de densidade de partículas em que, com o cultivo prévio de nabo-forrageiro e do consórcio AEN, observou-se redução nos valores desse atributo do solo, o que pode ter ocorrido em função de uma maior quantidade de matéria orgânica do solo, oriunda dessas plantas, por ocasião da amostragem para análise.

Seria desejável uma redução nos valores de densidade do solo, pois menores seriam as restrições ao crescimento radicular e, por consequência, maior seria o desenvolvimento das plantas. Kiehl (1979) comenta que o valor da densidade do solo é pontual e representa o estado atual do solo, mas pode ser variável em função de modificações em alguns de seus fatores causais, como, por exemplo, pela incorporação da matéria orgânica. Ainda sobre a densidade do solo e, conseqüentemente, sobre a porosidade total, já se observaram alguns feitos benéficos que a aveia, devido ao seu sistema radicular fasciculado e à grande quantidade de raízes, e o nabo-forrageiro, com seu sistema radicular pivotante, proporcionam aos atributos físicos do solo (Aita *et al.*, 2000).

De acordo com a Figura 4, verifica-se que somente o tratamento onde havia o consórcio da culturas antecessoras de inverno (AEN) apresentou densidade do solo menor do que 1,2 kg.dm⁻³ no perfil do solo, valor que, segundo Derpsch (1991), não causa problema de desenvolvimento radicular. Em valores maiores do que esses é possível que existam dificuldades para o crescimento de raízes.

Tabela 5. Densidade do solo e das partículas e porosidade total de um Latossolo Vermelho distroférrico em função das culturas antecessoras ao milho entre 0 - 0,28 m de profundidade.

Culturas antecessoras	Densidade do solo (kg.dm ⁻³)	Densidade de partícula (kg.dm ⁻³)	Porosidade total (m ³ .m ⁻³)
Aveia-preta	1,25 a	2,96 a	57,66 a
Ervilhaca-peluda	1,22 a	2,91 ab	57,88 a
Nabo-forrageiro	1,22 a	2,90 b	57,68 a
Aveia+ervilhaca+nabo	1,13 a	2,89 b	60,99 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

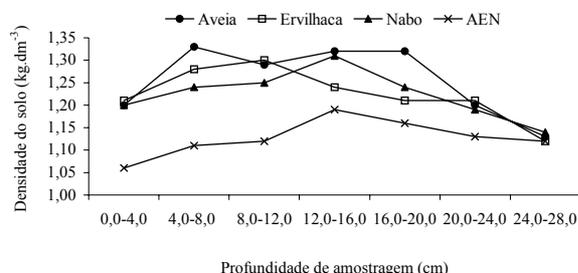


Figura 4. Valores de densidade do solo (kg.dm⁻³) em função da profundidade e das culturas antecessoras utilizadas ao cultivo da cultura de milho.

Na Tabela 6, são apresentados os valores de argila dispersa em água, silte, argila total e grau de floculação. Observa-se que o tratamento que apresentou maior grau de floculação foi o que recebeu aveia como cultura antecessora ao milho, apresentando, conseqüentemente, também os menores valores de argila dispersa em água. Esse fato pode estar relacionado com a maior capacidade de agregação das poáceas decorrente, de acordo com Rosa Junior (1991), da maior capacidade de agregação desses materiais, que apresentam constituintes orgânicos mais complexos com maior relação C/N, ambos podendo proporcionar maiores condições de agregação, quer seja pelo fornecimento de cargas negativas (T) quer seja pelo maior tempo que os materiais ficariam sujeitos à decomposição e, portanto, agregando partículas do solo.

O grau de floculação é uma propriedade física que permite inferências muito boas sobre a condição de agregação dos solos, podendo fornecer indicações sobre a resistência do solo à erosão. Beutler *et al.* (2001), atribuem esse efeito à qualidade de palhada, pelo incremento de rápida decomposição. Segundo Campos *et al.* (1995), à medida que se adiciona matéria orgânica ao solo, a atividade microbiana é estimulada, resultando em produtos que atuam na formação e na estabilização dos agregados. Os resíduos culturais, ao se decomporem, também liberam compostos orgânicos que atuam como agentes agregantes e cimentantes do solo, melhorando sua estrutura.

Tabela 6. Argila dispersa em água (ADA), silte, argila total e grau de floculação de um Latossolo Vermelho distroférrico em função das culturas antecessoras ao milho entre 0–0,28 m de profundidade.

Cultura antecessoras	ADA (g.kg ⁻¹)	Silte (g.kg ⁻¹)	Argila total (g.kg ⁻¹)	Grau de floculação(%)
Aveia-preta	45,45 c	13,84 a	76,93 a	40,56 a
Ervilhaca-peluda	59,04 a	11,86 a	77,99 a	24,21 c
Nabo-forrageiro	58,78 a	10,23 a	78,25 a	24,71 bc
Aveia+ervilhaca+nabo	52,83 b	11,80 a	79,01 a	32,89 ab

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Campos *et al.* (1995), os resíduos culturais, após se decomporem, liberam compostos orgânicos que atuam como agentes agregantes do solo, melhorando sua estrutura. Como pode ser observado pela Figura 5, o grau de floculação, considerando os tratamentos de culturas antecessoras individuais ao cultivo de milho, está intimamente relacionado com a matéria orgânica do solo, porque, à medida que essa diminui, o grau de floculação também decresce.

A possível explicação para esse fato é que as fontes de matéria orgânica teriam importância no processo de agregação. Dessa forma, quando os valores de matéria orgânica decrescem, com o aumento da profundidade, a agregação tende ao mesmo. Conforme Alexander (1961), se estimulada a atividade microbiana a profundidades maiores, produzindo polissacarídeos, certamente estimularia a agregação a curto prazo, dependendo do teor de matéria orgânica, favorecendo, assim, essa propriedade física.

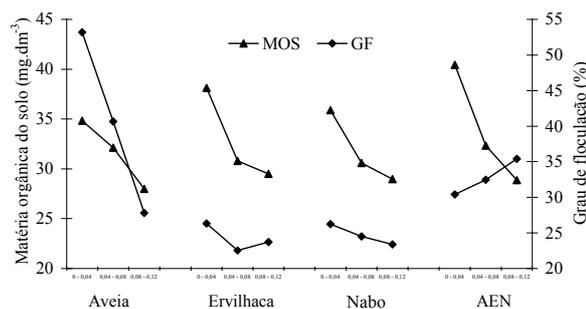


Figura 5. Valores de matéria orgânica do solo (MOS) e grau de floculação (GF) de um Latossolo Vermelho distroférrico em função das culturas antecessoras (plântio direto) à cultura do milho entre 0–0,12 m de profundidade.

Quando se utilizou o consórcio de culturas antecessoras (aveia+ervilhaca+nabo-forrageiro) ao cultivo de milho, nesse caso, com a redução dos valores de matéria orgânica, que ocorreu com o aumento da profundidade, obteve-se aumento nos valores de grau de floculação (Figura 5).

Embora faltem dados para possibilitar uma explicação para essa exceção, pode-se supor que, por se ter uma quantidade de material orgânico maior adicionada pelas raízes das espécies que se desenvolveram conjuntamente no consórcio, pode ter havido um incremento maior de matéria orgânica em profundidade e, portanto, um aumento nos valores da capacidade de troca de cátions. Esse processo causaria, momentaneamente, uma dispersão no solo, se associado à quantidade insuficiente de cátions trocáveis para servir de ponte de troca nos processos de agregação.

Tais colocações podem ser ainda justificadas pelo fato de se ter observado, no consórcio das culturas antecessoras, maior porosidade total no perfil do solo, podendo resultar em maior aeração, sendo um fator preponderante no desenvolvimento de microorganismos que atuam no processo de agregação, o que estaria de acordo com Bertrand e Khonke (1957).

Quando se associaram os valores obtidos de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ com os de argila dispersa em água - ADA - (Figura 6), para cada um dos tratamentos utilizados, com exceção da aveia como cultura antecessora ao milho, não se observou dependência entre esses elementos e os valores de argila dispersa em água. Essa constatação difere dos resultados observados por Rosa Junior *et al.* (2001), para os quais esses cátions agiram como pontes nas ligações eletroquímicas no processo de formação de agregados. Wirwey e Overbeek, citados por Juchsch (1987), afirmam que a atividade iônica do meio e o poder floculante dos cátions aumentam de acordo com a seqüência mono-di-trivalente. Assim, quando Ca^{2+} é adicionado pelo processo de ciclagem promovido pelas plantas antecessoras à superfície, sem a lixiviação de cátions, aumenta a atividade iônica do meio e facilita a floculação da argila.

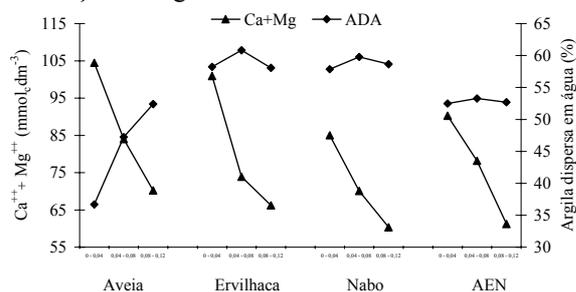


Figura 6. Valores de argila dispersa em água (ADA) e $\text{Ca} + \text{Mg}$ de um Latossolo Vermelho distroférrico em função das culturas antecessoras (plantio direto) à cultura de milho entre 0-0,12 m de profundidade.

Para o caso do uso da aveia como cultura antecessora ao milho, a explicação do efeito da redução dos valores de cálcio e de magnésio sobre o aumento da quantidade de partículas de argilas

dispersas em água pode estar relacionada à falta de ação de neutralização que esses elementos teriam sobre a matéria orgânica do solo, e, portanto, haveria dispersão do solo.

Conclusão

Nas condições do experimento, pode-se concluir que: (i) o uso de culturas antecessoras não influencia a produtividade de milho no sistema de plantio direto; (ii) a aveia-preta é mais eficiente em manter o solo coberto por maior tempo; (iii) o uso da ervilhaca-peluda promove maior altura de inserção de espiga para a cultura de milho; (iv) valores de fósforo e de potássio foram influenciados pelas culturas antecessoras; e (v) a aveia-preta aumenta o grau de floculação do solo.

Referências

- AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura de sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Coord.) *Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto*. Santa Maria: Palltti, 1997. p. 76-111.
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27: p. 601-612, 2003.
- AITA, C. *et al.* Leguminosa de verão como culturas intercalares ao milho e sua influencia sobre a associação de aveia (*Avena strigosa* Schieb) + ervilhaca (*Vicia sativa* L.). In: CONGRESSO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 17., 2000. Mar del Plata, *Anais...* Mar del Plata, 2000. CD-ROM.
- ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology*. New York: John Wiley, 1961.
- ALVARENGA, R.C. *et al.* Plantas de cobertura de solo para sistemas de plantio direto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- AMADO, T.J.C. *et al.* Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24 p. 179-189, 2000.
- BERTRAND, A.R.; KOHNKE, H. Subsoil conditions and their effects on oxygen supply and the growth of corn roots. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, v. 21, p. 135-139, 1957.
- BEUTLER, A.N. *et al.* Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionado com o manejo na região dos Cerrados no Estado de Minas Gerais. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 25, p. 129-136, 2001.
- CAMPOS, B.C. *et al.* Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 19, p. 121-126, 1995.
- CECCON, G. *et al.* *Propriedades físicas e químicas de um nitossolo vermelho sob diferentes manejos, em botucatu-sp, 2001*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO

- DO SOLO E DE ÁGUA, Cuiabá, 2002. 1 CD ROM, Cuiabá-UFMT, 2002.
- CRUZ, J.C. *et al.* Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 13-24. 2001.
- DA ROS, C.O. *Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto*. 1993-Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.
- DA ROS, C.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 20, p. 135-140, 1996.
- DERPSCH, R. *Controle de erosão do Paraná, Brasil. Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e plantio convencional*. Londrina: Iapar, 1991.
- DERPSCH, R. *et al.* Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 20, p. 761-773. 1985.
- GIACOMINI, S.J. *Consortiação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto*. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.
- GIACOMINI, S.J. *et al.* Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, p. 325-34, 2003.
- GOMES, A.S. *et al.* O que rende a cobertura morta. *A Granja*, Porto Alegre, n. 588, p. 47-49. 1997.
- HUNGRIA, M. *et al.* Importância do sistema de semeadura direta na população microbiana do solo. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1997. (Comunicado Técnico, 56).
- JUCKSCH, I. *Calagem e dispersão de argila em amostra de um Latossolo Vermelho-Amarelo*. 1987, Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.
- KIEHL, E.J. *Manual de Edafologia: Relação Solo-Planta*. Agronômica Ceres. São Paulo, 1979.
- MOTERLE, D.F. *et al.* Adição de matéria seca pelos resíduos da aveia no sistema aveia/milho sob plantio direto, diferentes doses de nitrogênio e manejo de cortes da aveia. *In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DE ÁGUA*, 14, Cuiabá, 2002, *Anais...* Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2002, CD ROM.
- POSSAMAI, J.M. *et al.* Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. *Bragantia*, Campinas, n. 60, v. 2, p. 79-82, 2001.
- ROSA JUNIOR, E.J. *Relação solo-organismos-plantas: parte I*. Campo Grande: Imprensa Universitária, 1991.
- ROSA JUNIOR, E.J. *et al.* Gesso e calcário como condicionadores de atributos de um Latossolo sob cultivo de soja-milho. *Cerrados: Revista de Ciências Agrárias*, Campo Grande. v. 2/4, n. 3/8. 1999-2001.
- SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. *In: SIQUEIRA, J.O. et al. (Ed.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição do solo*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. p. 267-310.
- SLONEKER, L.L.; MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. *J. Soil Water Conserv.*, Ankeny, v. 32, p. 231-236, 1977.
- TOBAL, F.M. *et al.* Efeitos de preparo do solo e plantas de cobertura na cultura da soja. *In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DE ÁGUA*, 14, Cuiabá, 2002. *Anais...* Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2002, CD ROM.

Received on November 09, 2004.

Accepted on April 13, 2005.