



Qualidade Física de um Latossolo sob Plantio Direto Afetada por Culturas de Cobertura

Rui da Silva Andrade⁽¹⁾; Luís Fernando Stone⁽²⁾ & Pedro Marques da Silveira⁽³⁾

- (1) Professor Assistente, Depto Hidráulica, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins (UFT), Av. NS 15, ALC NO 14, , Palmas, TO, CEP 77020-210, andradersilva@uft.edu.br; (2) Pesquisador Embrapa Arroz e Feijão, Bolsista CNPq, GO 462, km 12, Santo Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000, stone@cnpaf.embrapa.br (apresentador do trabalho); (3) Pesquisador Embrapa Arroz e Feijão, pmarques@cnpaf.embrapa.br

Apoio: EMBRAPA, CNPq

RESUMO: Culturas agregadoras e com sistema radicular agressivo podem minimizar os efeitos negativos da degradação do solo mediante melhorias na sua estrutura. Este trabalho objetivou determinar o efeito de culturas de cobertura na qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. O experimento foi conduzido sob pivô central na Embrapa Arroz e Feijão, no delineamento de blocos ao acaso, com oito repetições. Os tratamentos foram: braquiária; milho consorciado com braquiária; guandu anão; milheto; mombaça; sorgo; estilosantes; e crotalária. As sete primeiras culturas vêm sendo cultivadas no verão desde dezembro de 2001 e a crotalária a partir de novembro de 2003. No inverno de cada ano, após dessecação dessas culturas, foi implantado o feijoeiro irrigado. Em fevereiro de 2006 foram determinados o conteúdo de matéria orgânica do solo, alguns atributos físicos, e a sua qualidade física por meio do índice S. As culturas de cobertura, especialmente as gramíneas, favoreceram a agregação do solo na camada superficial. O cultivo modificou a estrutura do solo comparativamente à mata nativa, aumentando a densidade e reduzindo a macroporosidade e a porosidade total e, conseqüentemente, sua qualidade física. Guandu, crotalária e milho consorciado com braquiária mantiveram a camada superficial do solo com boa qualidade física.

Palavras-chave: atributos físicos, índice S, pivô central

INTRODUÇÃO

A adoção de sistemas de rotação de culturas, em especial no sistema plantio direto (SPD), tem sido preconizada para o manejo físico, químico e biológico do solo. Do ponto de vista da física do solo, tem-se estimulado a adoção da rotação de culturas para manter e/ou aumentar os teores de matéria orgânica, criar poros biológicos, melhorar a estrutura e manter suficiente palha na superfície do solo.

O acúmulo de material orgânico no SPD tem origem na inexistência de revolvimento do solo, que resulta em menores taxas de decomposição desse

material e em menores perdas por erosão. O material vegetal adicionado superficialmente decompõe mais lentamente quando não é incorporado, porque fica menos exposto aos microrganismos do solo. A matéria orgânica do solo também fica menos exposta ao ataque dos microrganismos, pois, sem o revolvimento, não há quebra das estruturas que a protegem fisicamente dos agentes decompositores. Assim, vários autores têm registrado aumentos nos teores de matéria orgânica da camada superficial de solos sob plantio direto (Corazza et al., 1999; Amado et al., 2001).

Além do enriquecimento de matéria orgânica do solo, o SPD permite o acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo. A baixa densidade dos resíduos orgânicos, deixados sobre a superfície do solo, também pode resultar em atenuação das cargas aplicadas sobre ele.

A quantidade de material vegetal adicionado na superfície e a quantidade de matéria orgânica acumulada no solo são dependentes do sistema de culturas adotado (Amado et al., 2001). Aqueles sistemas que incluem culturas com alta produção de matéria seca e culturas com baixa relação C/N, em geral, resultam em maiores acúmulos de matéria orgânica no solo.

Os resíduos de leguminosas têm grande importância como fornecedores de N, podendo contribuir para a diminuição da acidez do solo e da relação C/N da matéria orgânica do solo. Em contrapartida, os resíduos das gramíneas promovem a melhoria do solo por possuírem maior conteúdo de lignina, possibilitando aumento de ácidos carboxílicos e ácidos húmicos nos substratos, favorecendo a estruturação e a estabilidade dos agregados do solo, tornando-o menos suscetível à compactação.

Sistemas com rotação ou sucessão de culturas podem ter variações na agregação do solo de acordo com as diferenças nas espécies de plantas. A diferença entre espécies pode estar na qualidade do material orgânico sintetizado pelas raízes das diversas culturas ou na configuração das raízes,



especialmente na proporção das raízes laterais (Wohlenberg et al., 2004). Campos et al. (1999) e Wohlenberg et al. (2004) verificaram que a seqüência de culturas com a sucessão de gramíneas com leguminosas favoreceu a maior agregação do solo. Os primeiros autores atribuíram esse comportamento ao sistema radicular da gramínea e à taxa de decomposição da leguminosa, criando ambiente favorável à agregação pela ação das raízes, cobertura do solo, fornecimento de material orgânico e conservação da umidade favorável à ação dos microrganismos.

Culturas agregadoras e com sistema radicular agressivo podem minimizar os efeitos negativos da degradação do solo mediante melhorias na sua estrutura. Ainda são necessárias mais informações sobre quais culturas são mais apropriadas para melhorar a qualidade física do solo sob determinadas condições de solo e clima. Este trabalho objetivou determinar o efeito de culturas de cobertura na qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado sob plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido sob pivô central, na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO, em Latossolo Vermelho distrófico. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com oito repetições. Os tratamentos consistiram de oito culturas de cobertura: braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu); milho (*Zea mays* L., híbrido HT BRS 3150) consorciado com braquiária; guandu anão (*Cajanus cajan* L. Millisp); milheto (*Pennisetum glaucum* L. R. Br. cv. BN-2); mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça); sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench cv. BR 304); estilosantes (*Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão); e crotalária (*Crotalaria juncea* L.). As sete primeiras culturas vêm sendo cultivadas no verão desde dezembro de 2001 e a crotalária a partir de novembro de 2003. As culturas de cobertura foram sempre semeadas no sistema plantio direto, em novembro ou dezembro, sendo trituradas com triturador de palha, em março ou abril, e dessecadas com glifosate um mês após. A semeadura do feijoeiro foi feita também sempre no sistema plantio direto, sessenta dias após a dessecação das culturas

de coberturas, utilizando a cultivar Pérola no espaçamento de 0,45 m, com 15 sementes por metro.

Em fevereiro de 2006, em uma trincheira de 0,80 m x 0,80 m x 0,40 m por parcela, foram coletadas quatro amostras por profundidade estudada, 0-10 e 10-20 cm, sendo uma deformada e três não deformadas (uma no formato de torrão e duas pelo método do cilindro). A amostra com estrutura deformada foi utilizada para determinar a densidade de partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico e o conteúdo de matéria orgânica do solo pelo método de Walkley Black (Embrapa, 1997). A amostra indeformada obtida no formato de torrão foi utilizada para determinar, por via úmida, as porcentagens de agregados em classes de diâmetro médio e, com base nelas, o diâmetro médio ponderado dos agregados segundo Embrapa (1997). Uma amostra não deformada, coletada em cilindro de 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura, foi usada para determinação da densidade do solo (Ds). A porosidade total (Pt) foi calculada pela equação: $Pt = (1 - Ds/Dp)$. A microporosidade foi considerada a quantidade de água retida pelo solo à tensão de 6 kPa. A macroporosidade (Mp) foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade (Embrapa, 1997). A outra amostra não deformada foi usada para determinação da retenção de água do solo pelo método da câmara de pressão de Richards, nas tensões de água de 6, 8, 10, 33, 60, 100 e 1500 kPa. Os dados de retenção de água foram ajustados à uma curva por meio de regressão não-linear utilizando-se o modelo matemático proposto por van Genuchten (1980).

Com base nos parâmetros obtidos, foi determinado o índice S, tangente à curva característica de água no solo no ponto de inflexão, segundo a equação (Dexter, 2004).

$$S = -n(\theta_{sat} - \theta_{res}) \left[1 + \frac{1}{m} \right]^{-(1+m)} \quad (1)$$

em que θ_{sat} e θ_{res} são, respectivamente, os conteúdos de água do solo correspondentes à saturação e à umidade residual, e n e m ($m = 1-1/n$) são parâmetros empíricos adimensionais de ajuste.

A análise de variância dos dados foi realizada, por profundidade, utilizando-se o procedimento GLM do programa estatístico SAS, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de



probabilidade. As médias dos tratamentos foram comparadas com as obtidas no solo de uma mata nativa (controle), situada a cerca de 400 m do experimento, pelo teste de Dunnett a 5%. Foram realizadas análises de regressão linear entre as variáveis estudadas, considerando conjuntamente as duas profundidades de amostragem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os conteúdos de matéria orgânica foram maiores na camada superficial do solo, onde a braquiária solteira propiciou maior conteúdo que o milho consorciado com braquiária e que as leguminosas guandu e estilosantes, não diferindo das demais coberturas. Na camada de 10 - 20 cm, o solo sob braquiária apresentou maior conteúdo de matéria orgânica que o sob guandu. Essas leguminosas produziram as menores quantidades de matéria seca em comparação com as demais culturas, sendo as maiores produções obtidas com braquiária e mombaça. Nas duas camadas amostradas, o solo sob mata apresentou maior conteúdo de matéria orgânica que os sob os demais tratamentos.

As culturas de cobertura afetaram de maneira similar a porcentagem de agregados com diâmetro maior que 2 mm e o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) nas duas camadas amostradas, indicando que o DMP foi influenciado, principalmente, por essa fração dos agregados. Na camada 0-10 cm, as coberturas de milho consorciado com braquiária e mombaça propiciaram maiores porcentagens de agregados com diâmetro maior que 2 mm e DMPs que as de guandu e estilosantes. Esses resultados mostram a importância na agregação do solo de gramíneas que apresentam alta produção de matéria seca. Nessa camada, apenas a cobertura de milho consorciado com braquiária diferiu do controle, apresentando maiores valores desses indicadores de agregação que a mata. Na camada 10-20 cm, os indicadores de agregação não diferiram entre os tratamentos, tendo a mata apresentado maiores valores em relação à cobertura de guandu.

O solo sob mata, por não ter sido cultivado, não sofrendo os efeitos do trânsito de máquinas e equipamentos, apresentou menor valor de densidade e maiores valores de macroporosidade e porosidade total, tanto na camada superficial, como na de 10 - 20 cm de profundidade, em relação ao solo sob as

culturas de cobertura. Nessas duas camadas, as diferentes coberturas não diferiram em relação a esses atributos do solo, com exceção da macroporosidade na camada superficial, em que o solo sob guandu apresentou maior macroporosidade que o sob milho. As coberturas não diferiram com relação à microporosidade. Na camada superficial, esse atributo do solo foi menor na mata em relação às parcelas com milho, mombaça, sorgo, estilosantes e crotalária. Na camada de 10 - 20 cm, o solo sob mata apresentou menor microporosidade que o sob milho consorciado com braquiária.

Os atributos físicos do solo foram afetados pelo seu conteúdo de matéria orgânica (MOS), tendo a densidade diminuído ($D_s = 1,8156 - 0,0264MOS$, $r = -0,71^{**}$) e a porosidade total ($P_t = 0,3205 + 0,0097MOS$, $r = 0,70^{**}$) e a macroporosidade ($M_p = -0,2874 + 0,0187MOS$, $r = 0,69^{**}$) aumentado com o aumento da MOS. Apesar da tendência do DMP aumentar com a MOS segundo a equação $DMP = 2,2093 + 0,0765MOS$, $r = 0,43$, esse aumento não foi significativo.

No solo cultivado, o índice S apresentou maiores valores na camada de 0 - 10 cm de profundidade, sugerindo que a ação das coberturas na melhoria da qualidade física do solo foi mais efetiva nessa camada (Tabela 1). As coberturas diferiram significativamente quanto a esse índice apenas na camada de 10 - 20 cm, em que o solo sob crotalária apresentou maior valor que o sob estilosantes. Nas duas camadas amostradas, o solo sob mata apresentou maior índice S que o sob as diferentes coberturas, indicando maior qualidade física.

Tabela 1. Índice S sob diferentes culturas de cobertura, nas camadas de 0 - 10 cm e 10 - 20 cm de profundidade.

| Cultura de cobertura | Índice S | |
|----------------------------------|---------------------|------------|
| | 0 - 10 cm | 10 - 20 cm |
| Braquiária | 0,040a [#] | 0,032ab* |
| Milho consorciado com braquiária | 0,045a* | 0,025ab* |
| Guandu | 0,058a* | 0,027ab* |
| Milheto | 0,034a* | 0,024ab* |
| Mombaça | 0,042a* | 0,031ab* |
| Sorgo | 0,042a* | 0,028ab* |
| Estilosantes | 0,042a* | 0,019b* |
| Crotalária | 0,057a* | 0,036a* |
| DMS | 0,030 | 0,015 |
| C.V.(%) | 41,8 | 33,9 |
| Mata | 0,130 | 0,084 |



#Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%, e as seguidas por asterisco diferem significativamente da mata pelo teste de Dunnett a 5%.

Considerando o limite de $S \geq 0,045$ para solo com boa qualidade física, como determinado por Andrade (2008), apenas as coberturas de milho consorciado com braquiária, crotalária e guandu mantiveram o solo cultivado, na camada de 0 - 10 cm, nessa condição. Na camada de 10 - 20 cm, nenhuma cobertura contribuiu para manter o solo com essa condição estrutural.

O índice S está relacionado com a distribuição do tamanho de poros de maior frequência, que é afetada pela porosidade microestrutural, isto é, poros estruturais compreendendo microfendas, fendas e bioporos (Dexter, 2004). Assim, no SPD, as plantas de cobertura, ao criarem poros biológicos de alta funcionalidade na aeração e infiltração de água no solo, afetam favoravelmente esse índice.

Observa-se que a qualidade física do solo, avaliada pelo índice S, está inversamente relacionada com a densidade do solo ($S = 0,2577 - 0,1724Ds$, $r = -0,90^{**}$) e diretamente relacionada com o seu espaço poroso (porosidade total - $S = -0,1978 + 0,4545Pt$, $r = 0,89^{**}$ e macroporosidade - $S = 0,0159 + 0,2291Mp$, $r = 0,88^{**}$) e conteúdo de matéria orgânica do solo ($S = -0,0639 + 0,005MOS$, $r = 0,71^{**}$)

As coberturas de milho consorciado com braquiária, crotalária e guandu estão, em valor absoluto, entre as que propiciaram maiores valores de macroporosidade e menores de densidade do solo, explicando os maiores valores de índice S sob essas coberturas.

O índice S não se correlacionou significativamente com o DMP, possivelmente porque ele não avalia a qualidade estrutural do solo quanto à distribuição do tamanho de poros (Forsythe, 1975). Assim, poros demasiados grandes, formados por macroagregados, não conseguem reter água e, por isso, não aparecem na curva de retenção de água, não contribuindo para o valor do índice S (Dexter, 2004).

CONCLUSÕES

As culturas de cobertura, especialmente as gramíneas, favoreceram a agregação do solo na camada superficial, mantendo ou aumentando-a em

relação à apresentada pelo solo sob mata nativa. O cultivo modificou a estrutura do solo comparativamente à condição original com mata nativa, aumentando a densidade e reduzindo a macroporosidade e a porosidade total e, conseqüentemente, sua qualidade física. Os atributos físicos do solo foram afetados favoravelmente pelo seu conteúdo de matéria orgânica, tendo o cultivo do solo reduzido esse conteúdo em relação à mata nativa. O índice S correlacionou-se com os atributos físicos do solo e com o seu conteúdo de matéria orgânica, mostrando-se adequado como indicador da qualidade física do solo. As leguminosas guandu e crotalária, e o milho consorciado com braquiária, mantiveram a camada superficial do solo cultivado com boa qualidade física.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. R. Bras. Ci. Solo, 25:189-197, 2001.
- ANDRADE, R. da S. Efeitos de culturas de cobertura na qualidade física do solo sob plantio direto. Goiânia, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG, 2008. 75p. (Tese de Doutorado)
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R. & CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. R. Bras. Ci. Solo, 23:386-391, 1999.
- CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 23:425-432, 1999.
- DEXTER, A.R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. Geoderma, 120:201-214, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa-CNPS, 1997. 212p.
- FORSYTHE, W. Física de suelos: manual de laboratório. New York, University Press, 1975. 324p.
- van GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:892-898, 1980.
- WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. R. Bras. Ci. Solo, 28:891-900, 2004.