

**LEONARDO DIOGO EHLE DIAS**

**USO DE INDICADORES DA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO E DANOS  
PROPORCIONADOS PELA MANCHA DE RAMULÁRIA NA CULTURA DO  
ALGODOEIRO**

**TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL**

**2015**

**LEONARDO DIOGO EHLE DIAS**

**USO DE INDICADORES DA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO E DANOS  
PROPORCIONADOS PELA MANCHA DE RAMULÁRIA NA CULTURA DO  
ALGODOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Dejânia Vieira de Araújo

**TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL**

**2015**

Dias, Leonardo Diogo Ehle.

D5431u Uso de indicadores da qualidade física do solo e danos proporcionados pela mancha de ramulária na cultura do algodoeiro / Leonardo Diogo Ehle Dias. – Tangará da Serra, 2015.

53 f. ; 30 cm. il.

Dissertação (Mestrado em Ambientes e Sistema de Produção Agrícola) – Universidade do Estado de Mato Grosso, 2015

Orientador: Dejânia Vieira de Araújo

1. *Gossypium hirsutum*. 2. *Ramularia areola*. 3. Solo. I. Autor. II. Título.

CDU 633.511

LEONARDO DIOGO EHLE DIAS

USO DE INDICADORES DE QUALIDADE FÍSICA DO SOLO E DANOS  
PROPORCIONADOS PELA MANCHA DE RAMULÁRIA NA CULTURA DO  
ALGODOEIRO

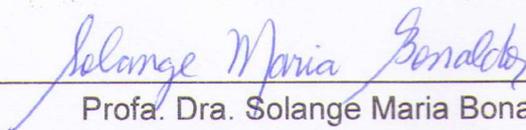
Dissertação apresentada a Universidade do  
Estado de Mato Grosso, como parte das  
exigências do programa de Pós-Graduação  
em Ambiente e Sistemas de Produção  
Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 19 de fevereiro de 2015.



---

Profa. Dra. Dejânia Vieira de Araújo  
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT  
(Orientador)



---

Profa. Dra. Solange Maria Bonaldo  
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT  
(Membro Externo)



---

Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho  
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT  
(Membro Interno)

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais José Francisco Dias e Marinez Ehle Dias;  
À minha avó Deloci Adélia da Silva Ehle;  
Aos meus irmãos Leandro Diego Ehle Dias e Fernando José Ehle Dias.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela saúde, força, proteção e amparo que me concedeu durante toda a minha caminhada até o presente momento.

À minha família, principalmente aos meus pais pelo apoio incondicional durante toda a minha vida pessoal e profissional.

À professora Dra. Dejânia Vieira de Araújo pela orientação durante o período desta pós-graduação, pela paciência e por todo o conhecimento passado a mim.

Aos amigos e companheiros de experimentos João Paulo, Douglas, Giovane e Jurandir pela grandiosa ajuda prestada.

Aos amigos e colegas de laboratório Mariana, Inês, Kemely, Eduarda, Tomas, Hugo, Vitor e Thiago pelo apoio direto e indireto.

Aos professores Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho e Solange Maria Bonaldo pela participação na banca julgadora e pelas contribuições. Também a professora Dra. Kelly Lana Araújo pelas contribuições realizadas no exame de qualificação.

À todos os colegas discentes do programa de pós-graduação pelos bons momentos, principalmente Fernanda da Silva Ferreira, Jucimar Ferreira Neves e Leandro Batista da Silva pelo total apoio e parceria.

Aos professores Dr. Willian Krause e Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho pelos esclarecimentos sobre estatística.

À Universidade do Estado do Mato Grosso, ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola e a todo o corpo docente do programa pelo conhecimento transferido.

Aos órgãos Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT pela bolsa de pós-graduação concedida.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	-
ABSTRACT .....	-
INTRODUÇÃO GERAL .....	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	10
ARTIGO 1: Qualidade física de um latossolo sob vegetação preservada e cultivo de algodão convencional .....	12
ARTIGO 2: Danos à caracteres agronômicos proporcionados pela mancha de ramulária em cultivares de algodão .....	28
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53

## RESUMO

A cotonicultura é uma atividade impactante ao ambiente, devido às intensivas aplicações de defensivos agrícolas como fungicidas e algumas práticas danosas à qualidade do solo, principalmente aos atributos físicos. As alterações na qualidade do solo, provocadas pelo cultivo convencional de algodão podem ser constatadas com o monitoramento de atributos físicos, amplamente utilizados como indicadores de qualidade do solo. Outro fator responsável por parte dos impactos causados pela cultura é a ocorrência de doenças, principalmente a mancha de ramulária, por demandar várias aplicações de fungicidas no decorrer do ciclo e reduzir a produtividade da cultura, acarretando na expansão da área de cultivo para suprir a demanda de fibra no mercado. No entanto, ainda são poucos os estudos sobre os impactos causados pela cultura, tanto à qualidade do solo quanto ao dano à produtividade proporcionado pela mancha de ramulária, portanto são necessários novos estudos. Diante do exposto, objetivou-se avaliar alguns atributos físicos, utilizados como indicadores de qualidade do solo, em cultivo de algodão convencional e os danos proporcionados pela mancha de ramulária à cultura. Em experimentos desenvolvidos em Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil foram avaliados os atributos: resistência mecânica à penetração, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade, umidade volumétrica e gravimétrica do solo em diferentes camadas de profundidade, em duas épocas e dois espaçamentos de semeadura de algodão em sistema de cultivo convencional e em área de vegetação preservada. No patossistema mancha de ramulária e algodão foram avaliados a severidade da mancha de ramulária, a produção de algodão em caroço, ramos frutíferos, maçãs, folhas e massa seca de folhas em parcelas com controle e sem controle químico com fungicidas. E os danos proporcionados pela doença à produtividade de algodão em caroço, ao número de ramos frutíferos, ao número de maçãs, ao número de folhas e à massa seca de folhas, em quatro cultivares de algodão, cultivadas em dois espaçamentos e duas épocas de semeadura. O cultivo de algodão proporcionou elevados valores de resistência à penetração e densidade do solo para ambos os espaçamentos, atingindo extremos de 5,40 MPa e  $1,408\text{g cm}^{-3}$ , respectivamente, enquanto na mata observou-se valores normais para esses atributos. Não foi observada diferença significativa entre os espaçamentos para resistência à penetração, enquanto que, para densidade houve maior média no espaçamento 0,45m. Entre as épocas de avaliação houve poucas alterações para os atributos avaliados. Sob ausência de aplicação de fungicidas, na primeira época foi observada maior severidade de mancha de ramulária, não havendo diferença entre os espaçamentos. Entre as cultivares, na FMT 705 e FM 951 LL, observou-se a menor e a maior média de severidade, respectivamente. Maior dano à produtividade foi observado na primeira época com 33,9%, enquanto a segunda época apresentou danos de 25,1%, não diferindo entre os espaçamentos e as cultivares. A cultura do algodão em cultivo convencional proporcionou a perda de qualidade física do solo, independente do espaçamento utilizado, e a ausência de controle químico proporcionou níveis elevados de severidade de mancha de ramulária, dano à produtividade e às demais características agronômicas avaliadas neste estudo.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*, *Ramularia areola*, atributos físicos do solo, degradação física do solo.

## ABSTRACT

The cotton culture is an impacting activity to the environment, because of the intensive application of agrochemicals such as fungicides and some harmful practices to the soil quality, particularly the physical attributes. Changes in soil quality caused by conventional cotton cultivation can be verified with the monitoring of physical attributes, widely used as soil quality indicators. Another factor responsible for some of the impacts of culture is the occurrence of diseases, especially the stain of *Ramularia*, demanding for multiple applications of fungicides during the cycle and reducing crop yield, resulting in the expansion of acreage to meet the demand in the fiber market. Yet, there are few studies on the impacts caused by the culture, both to soil quality and the loss in productivity provided by *Ramularia* stain, hence more studies are required. Given the above, this study aimed to evaluate some physical attributes, employed as soil quality indicators in conventional cotton cultivation and the damage provided by the stain of *Ramularia* culture. In experiments carried out in Tangara da Serra, Mato Grosso, Brazil were evaluated the attributes of: mechanical resistance to penetration, macroporosity, microporosity, total porosity, density, volumetric and gravimetric soil moisture in different layers deep, in two seasons and two spacings of cotton sowing in conventional farming system and preserved green area. In the pathosystem, *Ramularia* and cotton stains the severity of *Ramularia* stain were evaluated, cotton production in seed, fruit branches, apples, leaves and dry mass of leaves in plots with control and without chemical control with fungicides. And the damage provided by the disease to cotton productivity in seed, to the number of fruit branches, to the number of apples, to the number of leaves and dry mass of leaves in four cotton cultivars grown in two spacings and two sowing dates. Cotton cultivation provided high resistance values to penetration and bulk density for both spacings, reaching extremes of 5.40 MPa and 1.408 g cm<sup>-3</sup>, respectively, whereas in the woods there was normal values for these attributes. There was no significant difference between the spacings for penetration resistance, whereas for density there was higher average in spacing of 0.45 m. Between the evaluation periods there have been few changes to the evaluated attributes. In conditions of absence of fungicide application in the first growing season there was a higher severity *Ramularia* stain, with no difference between the spacings. Between cultivars, in FMT 705 and FM 951 LL, we observed the lowest and highest average disease severity, respectively. A greater loss in productivity was observed in the first sowing date with 33.9%, while the second season showed damages of 25.1%, with no difference between the sowing the spacings and cultivars. The cotton cultivation in a conventional farming provided the loss of soil physical quality, regardless of the spacing used, and the absence of chemical control provided high levels of *Ramularia* stain severity, damage to productivity and other agronomic characteristics evaluated in this study.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum*, *Ramularia areola*, physical attributes of the soil, soil physical degradation.

## INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) ganhou espaço no cenário agrícola do Brasil e no estado de Mato Grosso. Na safra 1993/1994 a área cultivada com algodão em Mato Grosso, desde então o estado com maior área de cultivo e produção de algodão em caroço do país, era de 72,3 mil ha, na safra 2003/2004 438,4 mil ha e na safra 2013/2014 atingiu 627,4 mil ha, (BRASIL, 2014). A partir da safra de 2008/2009 iniciou-se um novo sistema de cultivo com o espaçamento reduzido a 0,45m entre a linha de semeadura e estande de plantas chegando até 240 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Este sistema apresentou algumas vantagens, como a possibilidade do plantio tardio e ganhou espaço na cotonicultura nacional (SILVA, C. A. D. et al., 2009).

Com a expansão das áreas de cultivo, surgiu a preocupação com o impacto ambiental causado. Vários trabalhos estão sendo realizados para verificar o efeito de sistemas de cultivos, como plantio direto, convencional, integração lavoura-pecuária-floresta e pastagem sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (ARATANI et al., 2009; ARAÚJO et al., 2013; ARGENTON et al., 2005; FONSECA et al., 2007; ORTIGARA et al., 2014). Em estudo avaliando a qualidade de um Cambissolo Vermelho Amarelo eutrófico típico, Dantas et al. (2012) constataram que cultivos anuais de milho e soja irrigados, proporcionaram degradação física do solo em comparação à área de vegetação nativa. Porém, não se encontram informações sobre o efeito da cultura do algodão sobre os atributos físicos do solo e os impactos ambientais causados, sobretudo em diferentes espaçamentos de cultivo.

A retirada da vegetação nativa de uma área e o manejo do solo para cultivos agrícolas alteram as suas características físicas (ARATANI et al., 2009; PORTUGAL; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M., 2010), químicas (FONSECA et al., 2007; PORTUGAL; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M., 2010) e biológicas (TRANNIN; SIQUEIRA; MOREIRA, 2007). As alterações proporcionadas pelo manejo do solo geralmente resultam em redução da qualidade do mesmo, causando impactos ambientais, implicando em perda de desempenho das espécies cultivadas devido a menor fixação e ciclagem de nutrientes, problemas no sistema radicular e menor disponibilidade de água. Nessas condições o cultivo de algodão pode apresentar riscos ou até mesmo se tornar inviável.

Atributos físicos, como resistência mecânica à penetração, densidade e porosidade podem ser considerados indicadores de qualidade do solo. Isto porque o solo é um sistema complexo e geralmente alguns caracteres físicos, químicos e biológicos estão fortemente correlacionados de forma direta ou indireta (ARATANI et al., 2009; ARAÚJO et al., 2013; FONSECA et al., 2007; SILVA, A. A.; CASTRO, 2014).

Além da mecanização do solo e o alto gasto energético com operações agrícolas, fertilizantes e defensivos, outro fator que causa problemas à cotonicultura e torna a atividade mais deletéria à conservação ambiental, pelo aumento do número de aplicações de fungicidas, é a ocorrência de doenças como a mancha de ramulária, causada pelo fungo *Ramularia areola* G.F. Atk. Essa doença encontra-se disseminada em todas as regiões produtoras de algodão do país, devido à alta produção e disseminação de esporos deste fungo, aliado ao uso de genótipos susceptíveis e as condições favoráveis ao desenvolvimento da doença nas regiões produtoras, sendo considerada atualmente a principal doença da cultura no Brasil. Conforme Silva, R. R.; Theodoro; Staudt (2010), que realizou um levantamento das doenças incidentes sobre lavouras de algodão na região de Chapadão do Sul, a mancha de ramulária foi observada desde a fase vegetativa até a desfolha para a colheita, destarte é a doença com maior incidência em todas as fases.

A mancha de ramulária é uma doença que apresenta sintomas em ambas as superfícies das folhas. Os sintomas podem evoluir e causar clorose e até necrose na área afetada, provocar perda foliar e prejudicar a atividade fotossintética da planta (DIAS et al., 2015). Consequentemente, a produção da cultura é afetada e ocorre dano devido à severidade da doença (AQUINO et al., 2008). Desta forma, destaca-se a importância de avaliar a severidade da mancha de ramulária em cultivares, épocas e espaçamentos de semeadura de algodão e quantificar os danos proporcionados à cultura.

Contudo, poucos estudos sobre o dano proporcionado pela mancha de ramulária foram realizados. Entre eles, Suassuna; Iamamoto (2005) testaram a eficiência de produtos no controle químico da doença, e observaram dano de até 30% na produção de algodão em caroço. Resultados semelhantes foram obtidos, nas condições de Tangará da Serra – MT, com cultivares de algodão e gradientes da doença, proporcionados por intervalos de aplicações de fungicidas, ao qual

verificou-se dano à produtividade de algodão em caroço de até 36,83% (GILIO, 2014).

Diante do exposto, objetivou avaliar o efeito do cultivo de algodão sobre alguns atributos físicos, utilizados como indicadores de qualidade do solo e os danos proporcionados pela mancha de ramulária à cultura, sistematizando esta dissertação em dois artigos científicos.

No primeiro objetivou-se avaliar as alterações de alguns atributos físicos do solo, através de indicadores de qualidade ambiental, resultante de um ciclo de cultivo de algodão com preparo convencional do solo, em dois espaçamentos de cultivo e em uma área de vegetação preservada. No segundo, teve como objetivo avaliar a severidade da mancha de ramulária e os danos proporcionados às cultivares de algodão, semeadas em dois espaçamentos e duas épocas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, L. A. et al. Controle alternativo da mancha de ramulária do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 2, p. 131-136, abr./jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v34n2/04.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2014.
- ARATANI, R. G. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 677-687, maio/jun. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n3/v33n3a20.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2014.
- ARAÚJO, A. O. et al. Modificações nas propriedades dos solos de uma área de manejo florestal na chapada do Araripe. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 754-762, maio/jun. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v37n3/22.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2014.
- ARGENTON, J. et al. 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**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 425-435, maio/jun. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n3/25743.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2014.
- BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2013/14, Décimo Levantamento**. Brasília: Conab, jul. 2014. 127p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_07\\_09\\_09\\_36\\_57\\_10\\_levantamento\\_de\\_graos\\_julho\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_de_graos_julho_2014.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2014.

DANTAS, J. D. et al. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 18-26, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n1/v16n01a03.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2014.

DIAS, L. D. E. et al. Controle de mancha de ramulária em algodão adensado. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 15, n. 187, p. 08-11, jan. 2015.

FONSECA, G. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 22-30, mar. 2007. Disponível em: <[www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/download/1861/1765](http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/download/1861/1765)>. Acesso em: 10 jul. 2014.

GILIO, T. A. S. **Divergência genética em genótipos de algodoeiro e quantificação de danos causados pela mancha de ramulária**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)–Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2014.

ORTIGARA, C. et al. Uso do solo e propriedades físico-mecânicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 619-626, mar./abr. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v38n2/26.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2014.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 575-585, mar./abr. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n2/v34n2a32.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2014.

SILVA, C. A. D. et al. **Algodoeiro herbáceo em sistema de cultivo adensado: atualidades e perspectivas**. Campina Grande: EMBRAPA CNPA, 2009. 27 p. (Documentos, 219).

SILVA, R. R.; THEODORO, G. F.; STAUDT, R. C. Avaliação da incidência de doenças em algodoeiros cultivados na região de Chapadão do Sul. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 91-95, maio/ago. 2010. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/ojs/index.php/RBOF/article/view/20/20>> Acesso em: 02 set. 2014.

SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. Indicadores macro e micromorfológicos da qualidade física de um Latossolo Vermelho textura média cultivado com cana-de-açúcar na microrregião de Quirinópolis, Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 233-251, maio/ago. 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337131734004>>. Acesso em: 19 dez. 2014.

SUASSUNA, N. D.; IAMAMOTO, M. M. Controle químico da mancha de Ramulária do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais eletrônicos...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. Disponível em: <[http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos\\_cba5/174.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/174.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2014.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, 1173-1184, set./out. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n5/a32v31n5.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2014.

## QUALIDADE FÍSICA DE UM LATOSSOLO SOB VEGETAÇÃO PRESERVADA E CULTIVO DE ALGODÃO CONVENCIONAL

[Revista Brasileira de Ciência do Solo]

### RESUMO

O algodão é uma importante cultura para a economia do Brasil e do estado de Mato Grosso, no entanto, são escassos os estudos do efeito do seu cultivo sobre a qualidade física do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações na qualidade de alguns atributos físicos do solo, utilizados como indicadores de qualidade ambiental, resultante de um ciclo de cultivo com preparo convencional de algodão. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com tratamentos arranjados em esquema fatorial. Foram coletadas amostras em ambientes de cultivo de algodão em sistema convencional de preparo do solo com espaçamento entre linhas de 0,90 m e 0,45 m, antes da implantação da cultura (safra 2013/2014) e após a colheita da mesma. Ressalta-se que nas mesmas datas foram avaliados os mesmos atributos em uma área com vegetação preservada. As avaliações ocorreram até a profundidade de 0,50 m para a resistência à penetração e 0,30 m para a macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, umidade gravimétrica e volumétrica. As áreas de cultivo de algodão apresentaram elevados valores de resistência à penetração e densidade do solo, atingindo o valor máximo de 5,40 MPa e 1,408 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente, não houve diferença significativa entre os espaçamentos para a resistência à penetração, enquanto que, para densidade houve maior média no espaçamento 0,45 m. A cultura do algodão em cultivo convencional proporcionou perda de qualidade física do solo independentemente do espaçamento utilizado em relação a mata.

**Palavras-chave:** Atributos físicos, resistência à penetração, porosidade do solo, densidade do solo, degradação física.

### PHYSICAL QUALITY OF A LATOSSOIL UNDER PRESERVED VEGETATION AND CONVENTIONAL COTTON CULTIVATION

## ABSTRACT

Cotton is a major crop for Brazil and the state of Mato Grosso economy. However, there are few studies of the effect of cultivation on the soil physical quality. The objective of this study was to evaluate changes in the quality of some soil physical properties, used as indicators of environmental quality resulting from a crop cycle with conventional cotton preparation. We used the randomized block design with treatments arranged in a factorial scheme. Samples in cotton cultivation environments in conventional tillage system were collected with spacing of 0.90 m and 0.45 m, before the culture implantation (season 2013/2014) and after its harvest. It is noteworthy that on the same dates the same attributes in an area with preserved vegetation were evaluated. The evaluations occurred to a depth of 0.50 m for penetration resistance and 0.30 m for micro- and macroporosity, total porosity, bulk density, gravimetric and volumetric moisture. The areas of cotton cultivation showed high penetration resistance values and density of the soil, reaching the maximum value of 5,40 MPa and 1,408 g cm<sup>-3</sup>, respectively; there was no significant difference between the spacings for penetration resistance, whereas for density there was higher average in spacing 0.45 m. The cotton cultivation in a conventional farming provided physical quality loss of soil regardless of the spacing used in relation to forest.

**Keywords:** Physical properties, penetration resistance, soil porosity, bulk density, physical degradation.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o cultivo de algodão está expandindo no Brasil e principalmente no estado de Mato Grosso. Na safra 1993/1994 a área cultivada com algodão em Mato Grosso, desde então o maior produtor desta cultura, era de 72,3 mil ha, na safra 2003/2004 438,4 mil ha e na safra 2013/2014 atingiu 627,4 mil ha (Brasil, 2014). A partir da safra de 2008/2009 um novo sistema de cultivo passou a ser testado no estado, o cultivo em espaçamento adensado, com 0,45 m entre linhas de semeadura. Esse novo sistema ganhou espaço na cotonicultura, adotado principalmente em cultivo de segunda safra, com estande de plantas bem maior que

no sistema convencional, podendo chegar até 240.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Silva et al., 2009).

Apesar da grande importância econômica desta cultura, são escassos os estudos do efeito da mesma sobre a qualidade física do solo. Vários trabalhos foram realizados comparando sistemas de cultivos, como plantio direto, convencional, integração lavoura-pecuária-floresta, pastagem e vegetação preservada (Argenton et al., 2005; Fonseca et al., 2007; Aratani et al., 2009; Araújo et al., 2013, Ortigara et al., 2014), porém não encontram-se informações do efeito da cultura do algodão sobre os atributos físicos do solo e o impacto ambiental proporcionado pela cultura, sobretudo em diferentes espaçamentos de cultivo.

Os atributos físicos do solo, como a resistência à penetração, densidade e porosidade podem ser considerados indicadores de qualidade ambiental, isto porque o solo é um sistema complexo, geralmente as características físicas, químicas e biológicas estão fortemente correlacionadas e o conjunto destas características representam o nível de conservação ambiental do solo. Neste contexto, em um Latossolo Vermelho Amarelo, Araújo et al. (2013) encontraram correlações significativas entre a resistência do solo à penetração e matéria orgânica, densidade da fauna edáfica, microporosidade e macroporosidade, e entre a macroporosidade e a capacidade de infiltração básica de água. Aratani et al. (2009) encontraram em um Latossolo Vermelho acriférrico forte relação entre o índice S e as variáveis macroporosidade, microporosidade, densidade e matéria orgânica. Em um Latossolo Vermelho distrófico, Fonseca et al. (2007) encontraram correlações significativas entre a densidade do solo e diversas variáveis, como porosidade total, macroporosidade, carbono orgânico, nitrogênio total e carbono da biomassa microbiana, entre a macroporosidade e carbono da biomassa microbiana, microporosidade e porosidade total e entre microporosidade, nitrogênio total e carbono orgânico.

Para outras culturas anuais, alguns autores verificaram alterações nos atributos físicos do solo em decorrência do sistema de cultivo, quando comparados à áreas de vegetação preservada, na mesma localidade. Entre eles Aratani et al. (2009) avaliaram três sistemas de plantio direto com rotações das culturas milho, soja, feijão e sorgo, um sistema convencional e uma área de mata, constataram que todos os sistemas proporcionaram aumento da densidade do solo em relação a

mata. Neste mesmo estudo, a mata apresentou os maiores valores de porosidade total e macroporosidade e os menores de microporosidade, indicando maior qualidade física e conservação ambiental.

Outro estudo realizado em um Latossolo Vermelho distroférico comparou os sistemas de pastagem rotacionada intensiva, lavoura com preparo convencional e vegetação nativa e constatou que os dois sistemas de cultivos aumentaram a densidade do solo e a resistência à penetração e diminuíram a macroporosidade (Ortigara et al., 2014). Também em um Latossolo Vermelho, Marchão et al. (2007) avaliaram entre vários sistemas de cultivo, a monocultura de soja no quarto ano de cultivo convencional e uma área de vegetação preservada e observaram valores maiores de densidade do solo, resistência à penetração e microporosidade na lavoura de soja em todas as camadas avaliadas. Para a porosidade total e a macroporosidade valores maiores foram encontrados na vegetação preservada, revelando o maior impacto ambiental do sistema de cultivo convencional ao solo.

Destarte, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações de alguns atributos físicos do solo, utilizados como indicadores de qualidade ambiental, resultante de um ciclo de cultivo com preparo convencional de algodão em espaçamentos de 0,90m e 0,45m entre linhas e em área de vegetação preservada.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em duas áreas. A primeira, a área experimental do *Campus* da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT de Tangará da Serra – MT, localizada geograficamente a 14°39'53" S e 57°25'46" W, altitude de 443 m e a segunda um fragmento de mata localizado em uma propriedade particular próxima à área experimental a 14°39'07" S e 57°25'21" W, altitude de 457 m, a qual apresenta a mesma classe de solo. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013), com 544 g kg<sup>-1</sup> de argila, 86 g kg<sup>-1</sup> de silte e 370 g kg<sup>-1</sup> areia na camada de solo de 0 a 0,20 m. O clima da região é classificado como tropical úmido megatérmico (Aw), com temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno. As médias de temperatura e precipitação são 24,4 °C e 1500 mm, respectivamente (Dallacort et al., 2011).

Foi adotado o delineamento experimental de blocos casualizados com seis repetições e os tratamentos arranjados em esquema fatorial triplo, sendo 3x2x10 para a variável resistência do solo à penetração, foram avaliados três ambientes (cultivo de algodão em espaçamento de 0,90 m; cultivo de algodão em espaçamento de 0,45 m e vegetação preservada, chamado de mata) em duas épocas de avaliação, visando anular o efeito de heterogeneidade na área antes do ciclo (outubro de 2013, chamado de antes e junho de 2014, chamado de final) em 10 camadas do solo, consistindo de intervalos de 0,05 m entre a profundidade de 0 à 0,50 m. Para as variáveis macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade, umidade volumétrica e gravimétrica adotou-se um esquema fatorial 3x2x3, sendo que os dois primeiros fatores correspondem ao descrito anteriormente e o terceiro constitui-se de camadas de solo de 0,10 m de espessura entre a profundidade de 0 à 0,30 m.

Na área experimental da UNEMAT a retirada da vegetação nativa ocorreu em 1995. Posteriormente, a mesma permaneceu em pousio com vegetação de gramínea do gênero *Brachiaria* não manejada. A partir de 2010 essa área passou a ser utilizada em experimentos com a cultura do algodão, utilizando manejo convencional do solo, com duas ou três arações por safra, durante quatro anos. Anualmente são realizadas outras atividades utilizando máquinas agrícolas, como a distribuição de calcário e a destruição de soqueira do algodão ao final do ciclo. Os demais tratamentos culturais como semeadura, adubação, aplicação de defensivos agrícolas e colheita foram realizados de forma manual.

A área denominada de mata corresponde a um fragmento florestal de mata estacional semidecidual que possui cerca de 18 ha. Nesse fragmento, circundado por pastagens e plantações de soja e milho, a fitofisionomia é caracterizada por árvores predominantemente eretas, de diferentes alturas e semicaducifólias (Pessoa et al., 2013).

A definição da localização dos seis pontos amostrados ocorreu na primeira avaliação de forma aleatória entre as parcelas cultivadas com algodão convencional e adensado, na segunda coleta foi elaborado um croqui experimental para a localização dos pontos. As amostragens ocorreram sempre nas entrelinhas de semeadura. Na mata, a definição dos pontos ocorreu por deslocamento em zigue-zague a cada 50 m, respeitando uma margem de 100 m das bordas do fragmento.

Na primeira coleta os pontos foram georreferenciados para a localização dos mesmos na segunda coleta.

A resistência à penetração foi avaliada com um penetrômetro dinâmico, de haste milimetrada com massa total de 3,0117 kg, massa do embolo que causa o impacto de 1,5784 kg, área da base do cone de 2,26 cm<sup>2</sup> e altura da queda do embolo de 0,60 m. Para a determinação da resistência do solo à penetração (MPa) foi utilizada a equação dos “holandeses” determinada pelo índice de cone (IC), considerada por Stolf (1991) como a melhor metodologia para avaliação com finalidades agrícolas e adaptada por Sá e Santos Junior (2007), com a correção do efeito de gravidade para o local do estudo, conforme a equação:

$$IC = \left( \frac{Mg + mg}{A} \right) + \left[ \left( \frac{M}{M + m} \right) * \left( \frac{Mg * h}{A * P} \right) \right]$$

em que: IC é índice de cone (MPa), M é a massa que provoca o impacto – (Kg), m é a massa dos demais componentes do aparelho (Kg), Mg e mg são os pesos das massas corrigidos pelo efeito da gravidade (Kgf), H é a altura de queda de M (cm), A é a área da base do cone (cm<sup>2</sup>) e P é a medida de penetração unitária ocasionada por um impacto (cm).

Imediatamente após a leitura da resistência à penetração do solo foram coletadas amostras indeformadas, com o auxílio de trado Huland, nas camadas de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m com anéis volumétricos de 0,050 m de altura e 0,046 m de diâmetro. Após coletadas foram envolvidas em tecido TNT, acondicionadas em caixa térmica e encaminhadas ao laboratório de solos da UNEMAT, Tangará da Serra, onde foram realizados todos os procedimentos para avaliação da porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo com o Método de Mesa de Tensão, densidade do solo pelo Método do Anel Volumétrico, umidade volumétrica e gravimétrica (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando os fatores avaliados obtinham efeito significativo pelo teste F, procedeu-se a comparação entre as médias pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação tripla entre os fatores, para nenhum dos atributos físicos estudados (Quadro 1). No entanto, interações duplas foram observadas entre os fatores ambiente e época de avaliação para porosidade total, macroporosidade, microporosidade, umidade volumétrica e gravimétrica do solo. Entre os fatores ambiente e profundidade foi observada interação significativa unicamente para a resistência à penetração. Entre os fatores época e profundidade a interação não foi significativa apenas para a microporosidade e umidade gravimétrica. Quando analisados de forma isolada, observou-se diferença significativa para todas as variáveis nos fatores ambiente e época, e para profundidade verificou-se diferença para a resistência à penetração, macroporosidade e densidade do solo.

Através do desdobramento da interação significativa entre ambientes e profundidades observa-se que em todas as camadas houve menor resistência à penetração no solo da mata, e os espaçamentos de cultivo de algodão não diferiram entre si (Quadro 2). No solo com cultivo de algodão em espaçamento de 0,90 m, os maiores valores foram observados entre 0,05 m e 0,35 m de profundidade, enquanto que no espaçamento 0,45 m a camada mais compactada foi de 0,05 a 0,15 m, seguida da camada de 0,15 até 0,35 m. No solo da mata a resistência à penetração apresentou dois níveis, sendo menor na camada de 0 a 0,2 m e maior de 0,2 a 0,5 m.

Na interação entre épocas e profundidades do solo, pode-se observar que nas camadas de 0 a 0,10 m e 0,15 a 0,25 m não houve alteração na resistência à penetração, na camada de 0,10 a 0,15 mm houve aumento da resistência e nas demais houve decréscimo (Quadro 2). A situação do solo foi comparada antes do início das atividades para a safra 2013/2014 e após a colheita da mesma. Na avaliação antes da safra a resistência do solo à penetração era maior nas camadas de 0,05 a 0,10 m e 0,20 a 0,45 m de profundidade, as demais camadas não diferiram entre si. Na avaliação ao final do ciclo do algodão, foi observado maior compactação na camada 0,05 a 0,15 m, decrescendo nas camadas 0,15 a 0,25 m, 0 a 0,05 m e 0,25 a 0,35 m e das demais.

Apesar dos dois espaçamentos de cultivo de algodão apresentarem diferenças de resistência à penetração nas camadas do solo, verifica-se que todos

os valores estão acima dos considerados críticos para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Collares et al. (2008) testaram o desenvolvimento de feijão e trigo em um Latossolo Vermelho com compactação por passadas de trator e concluíram que o aumento da compactação afeta o desenvolvimento radicular e conseqüentemente a produtividade das culturas. Conforme Lima et al. (2010), para as culturas de feijão e soja, resistência à penetração acima de 1,7 MPa e 1,9 MPa respectivamente, em condições de capacidade de campo, são consideradas críticas ao desenvolvimento das plantas, provocando perdas de produtividade em condições de umidade equivalente a fração de água disponível as plantas.

Em um contexto amplo, a literatura cita que a resistência à penetração acima de 2 MPa afeta o desenvolvimento radicular das plantas. Em um Latossolo Vermelho distroférico, Moraes et al. (2014) confirmaram que a resistência do solo à penetração deve ser mantida abaixo de 2 MPa em sistema de cultivo convencional de preparo do solo.

Assim como neste estudo, outros autores também constataram maior resistência do solo à penetração em sistema de cultivo convencional de culturas anuais, em relação a áreas de vegetação nativa, principalmente nas camadas de 0,05 a 0,20 m, (Marchão et al., 2007; Matias et al., 2009; Ortigara et al., 2014).

Em um Latossolo Vermelho-Amarelo, avaliando atributos físicos, químicos e biológicos Araújo et al. (2013) verificaram correlação significativa negativa entre a resistência à penetração e a densidade da macrofauna edáfica e o teor de matéria orgânica do solo. Desta forma, os níveis de resistência à penetração, encontrados neste estudo nas áreas cultivadas com algodão, podem estar limitando o desenvolvimento de micro-organismos importantes ao equilíbrio estrutural do solo, afetando outros atributos físicos, químicos e biológicos, podendo ocasionar a redução da ciclagem e da fixação de nutrientes.

Em estudo com indicadores de qualidade de um Latossolo Vermelho, Silva e Castro (2014) constataram que a resistência à penetração é considerada um bom indicador de qualidade por permitir constatar a instabilidade estrutural do solo. Desta forma, um solo com elevados valores de resistência à penetração pode ser considerado compactado e em processo de degradação física, sendo o grau de degradação definido pelo nível de compactação. Seguindo esse pressuposto, os dados de resistência à penetração obtidos neste estudo para os ambientes

cultivados com algodão, nos dois espaçamentos de semeadura testados, permitem afirmar que o solo está em processo de degradação física e estrutural, portanto, são necessárias intervenções com práticas que visem à conservação ambiental do mesmo.

Conforme o desdobramento da interação entre profundidades e épocas de amostragem, nota-se aumento da densidade nas camadas de 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m comparando as duas épocas de amostragem (Quadro 3). Na avaliação ao final do ciclo não foram observadas diferenças significativas entre as camadas.

A densidade do solo está diretamente relacionada a resistência à penetração, pois quando o solo é exposto a uma força de compressão ocorre a reorganização das partículas, reduzindo o volume e a porosidade do solo, e aumentando a força de impedimento à penetração e a densidade (Batey e Mckenzie, 2006).

Analisando nos fatores as médias de densidade do solo de forma isolada, observa-se que a área de vegetação permanente apresentou a menor densidade do solo, seguida do cultivo de algodão em espaçamento de 0,90 m entre linhas e do espaçamento de 0,45 m, que indicou a maior média de densidade do solo (Quadro 4). As médias do fator época permitem afirmar que houve acréscimo da densidade do solo na safra avaliada. Entre as profundidades, nota-se maior densidade nas camadas 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, e menor na camada 0,20 a 0,30 m.

Segundo Reinert et al. (2008), a densidade crítica de um solo é dependente principalmente de sua classe textural, no seu estudo realizado em Argissolo Vermelho distrófico com 73 % de areia e 15 % de argila, foi considerada como crítica ao desenvolvimento de espécies de cobertura as densidades acima de  $1,75 \text{ g cm}^{-3}$ . Klein (2006) observou que em Latossolo Vermelho argiloso a densidade limitante foi de  $1,33 \text{ g cm}^{-3}$ . Argenton et al. (2005) constataram que, no mesmo tipo de solo, a densidade começa a afetar a aeração e conseqüentemente o desenvolvimento das plantas quando se aproxima de  $1,30 \text{ g cm}^{-3}$ . Reichert et al. (2003) indicaram que em solos arenosos a densidade é considerada crítica a partir de  $1,7 \text{ g cm}^{-3}$ , para solos franco argilosos a partir de  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$  e para solos argilosos a partir de  $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ .

Neste estudo, a média de densidade observada no solo da área de vegetação preservada, apresentada no Quadro 4, ficou abaixo da considerada crítica pelos autores acima citados. No entanto, a média de densidade obtida nos solos submetidos ao cultivo de algodão, principalmente no espaçamento 0,45 m entre

linhas que apresentou a maior média, atingiram a densidade considerada crítica para solos argilosos, que conforme Reichert et al. (2003), em solos argilosos é de  $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ .

Em estudo avaliando a qualidade de Cambissolo Vermelho Amarelo eutrófico típico, Dantas et al. (2012) constataram que cultivos anuais proporcionaram maior degradação física do solo em comparação aos cultivos perenes e à área de vegetação nativa, esta conclusão pode ser evidenciada pelo aumento da densidade do solo e outras alterações nesse sistema de cultivo.

Em Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa, Fonseca et al. (2007) verificaram correlação indireta entre a densidade do solo e o volume total de poros, diâmetro médio geométrico de agregados, carbono orgânico, nitrogênio total, carbono da massa microbiana e macroporosidade. Neste contexto, provavelmente o aumento da densidade do solo, provocada pelo sistema de preparo convencional no cultivo de algodão, promove um desequilíbrio entre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo estudado, aumenta a degradação física e causa maior impacto ambiental.

No desdobramento da interação entre ambientes e épocas de semeadura, para as variáveis porosidade total e macroporosidade, pôde-se observar que nas duas épocas de avaliação o solo da área com mata apresentou maiores médias e não houve variação desses atributos entre as avaliações (Quadro 3). O cultivo de algodão nos dois espaçamentos avaliados não promovem diferenças significativas para a porosidade total e a macroporosidade. As maiores médias para a porosidade total foram observadas ao final do ciclo do algodão, nos dois espaçamentos, indicando que houve acréscimo deste atributo na safra estudada. Isto pode ser explicado pelo aumento da microporosidade, uma vez que a macroporosidade permaneceu estável em 0,45 m e decresceu no espaçamento 0,90 m.

No desdobramento entre as profundidades e as épocas, observou-se que a porosidade total e a macroporosidade não diferiram entre as camadas avaliadas ao final do ciclo do algodão (Quadro 3). Na segunda avaliação para as camadas 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m foi verificado aumento da porosidade total, que provavelmente ocorreu visto o aumento da microporosidade proporcionado pelo revolvimento do solo.

Para a microporosidade pode-se observar que o solo da área com mata não

sofreu alteração entre as duas avaliações, caracterizando um sistema equilibrado, com alta qualidade física de solo e boa conservação. Para os ambientes de cultivo de algodão houve aumento nos dois espaçamentos (Quadro 2). Na segunda avaliação foram observados valores maiores de microporosidade nos cultivos de algodão, comportamento esse considerado normal para o sistema convencional, pois o revolvimento da camada arável do solo reorganiza as partículas, diminuindo a macroporosidade e aumentando a microporosidade.

Ao analisar as médias de microporosidade de forma isolada em cada fator verificou-se entre os ambientes a menor média na mata, seguida do cultivo de algodão em espaçamento de 0,90 m e a maior microporosidade no espaçamento de 0,45 m (Quadro 4). Entre as épocas, houve maior microporosidade na avaliação ao final do ciclo, indicando aumento da microporosidade na safra estudada. Já entre as camadas não houve diferença significativa.

Quando se compara uma área de vegetação preservada, sem interferência da ação antrópica, com ambientes cultivados, geralmente observa-se maiores valores de macroporosidade e porosidade total e menor microporosidade na mata (Argenton et al., 2005; Aratani et al., 2009; Ortigara et al., 2014). Essas situações ocorrem principalmente devido ao não revolvimento do solo nas áreas de vegetação preservada, conseqüentemente a formação de agregados maiores. Estes agregados são importantes para o desenvolvimento microbiano, manutenção da matéria orgânica e maior disponibilidade de água às plantas. Em contrapartida nas áreas de cultivo convencional, como neste estudo, a tendência é que ocorram efeitos deletérios, interferindo na qualidade do solo, bem como na conservação ambiental.

Assim como para a densidade e a resistência do solo à penetração, a macroporosidade considerada ideal depende da classe de solo, sendo maior para solos arenosos e diminuindo de forma proporcional ao aumento do teor de argila. De forma geral, Severiano et al. (2008) propõem que a macroporosidade é considerada crítica à aeração do solo quando atinge  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , portanto há restrições ao desenvolvimento de plantas com este valor. De acordo com essa classificação, os valores de macroporosidade do cultivo de algodão, nos dois espaçamentos, podem ser considerados críticos a aeração do solo, ao desenvolvimento das raízes das plantas cultivadas e a macrofauna presente no solo. Por meio de um estudo de correlação entre atributos físicos, químicos e biológicos Araújo et al. (2013)

verificaram relação direta entre a macroporosidade, a densidade da macrofauna edáfica e o teor de matéria orgânica do solo e Fonseca et al. (2007) entre a macroporosidade e o teor de carbono da biomassa microbiana.

Para a microporosidade não se atribui um limite crítico, porém sabe-se que baixos valores significam menor armazenamento de água pelo solo. Em contrapartida, elevados valores de microporosidade, geralmente estão associados a altos índices de compactação e baixos valores de macroporosidade, normalmente são observados em solos altamente manejados, assim como verificado neste estudo, em que houve aumento da microporosidade nos ambientes de cultivo de algodão em sistema convencional de preparo do solo.

Ambos os espaçamentos de semeadura auferiram efeito prejudicial aos atributos físicos do solo, se comparados com a área de vegetação natural. Pode-se inferir que o cultivo de algodão em preparo convencional do solo é considerado degradativo, independentemente do espaçamento utilizado, portanto necessitam de novos estudos visando práticas mais sustentáveis à qualidade do solo, propondo recuperar as propriedades modificadas das áreas degradadas.

## **CONCLUSÕES**

O cultivo de algodão em sistema convencional diminuiu a qualidade física do solo independentemente do espaçamento utilizado.

Na safra estudada, os espaçamentos 0,45 m e 0,90 m não interferiram na resistência do solo à penetração.

O cultivo de algodão proporcionou elevação dos valores de resistência à penetração, densidade e microporosidade e reduziu os de macroporosidade, principalmente na camada arável do solo.

O solo da área cultivada com algodão encontra-se em processo de degradação física e necessita da intervenção de práticas conservacionistas.

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- Aratani RG, Freddi OS, Centurion JF, Andrioli I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 2009;33:677-687. doi:10.1590/S0100-06832009000300020
- Araújo AO, Mendonça LAR, Lima MGS, Feitosa JV, Silva FJA, Ness RLL, Frischkorn H, Simplício ALF, Kerntopf MG. Modificações nas propriedades dos solos de uma área de manejo florestal na chapada do Araripe. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 2013;37:754-762. doi:10.1590/S0100-06832013000300022
- Argenton J, Albuquerque JÁ, Bayer C, Wildner LP. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 2005;29:425-435. doi:10.1590/S0100-06832005000300013
- Batey T, Mckenzie DC. Soil compaction: identification directly in the field. *Soil Use and Manage.* 2006;22:123-131. doi:10.1111/j.1475-2743.2006.00017.x
- Brasil. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: décimo levantamento [internet]. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento; 2014 [acesso em 15 nov 2014]. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_07\\_09\\_09\\_36\\_57\\_10\\_levantamento\\_de\\_graos\\_julho\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_de_graos_julho_2014.pdf).
- Collares GL, Reinert DJ, Reichert JM, Kaiser DR. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 2008;32:933-942. doi:10.1590/S0100-06832008000300003
- Dallacort R, Martins JA, Inoue MH, Freitas PSL, Coletti AJ. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do estado de Mato Grosso, Brasil. *Acta Sci. Agron.* 2011;33:193-200. doi:10.4025/actasciagron.v33i2.5838
- Dantas JD, Oliveira TS, Mendonça ES, Assis CP. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 2012;16:18-26. doi:10.1590/S1415-43662012000100003
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solos. 2nd ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2011.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação dos solos. 3rd ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS; 2013.
- Ferreira DF. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciênc. Agrotec.* 2011;35:1039-1042. doi:10.1590/S1413-70542011000600001

Fonseca GC, Carneiro MAC, Costa AR, Oliveira GC, Balbino LC. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. *Pesqui. Agropecu. Trop.* 2007;37:22-30.

Klein VA. Densidade relativa - Um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. *Rev Ci. Agro.* 2006;05:26-32.

Lima CLR, Reinert DJ, Reichert JM, Suzuki LEAS. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesq. agropec. bras.* 2010;45:89-98. doi:10.1590/S0100-204X2010000100012

Marchão RL, Balbino LC, Silva EM, Santos Junior JDG, Sá MAC, Vilela L, Becquer T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesq. agropec. bras.* 2007;42:873-882. doi:10.1590/S0100-204X2007000600015

Matias SSR, Borba JA, Ticelli M, Panosso AR, Camara FT. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. *Rev. Ciênc. Agron.* 2009;40:331-338.

Moraes MT, Debiasi H, Carlesso R, Franchini JC, Silva VR. Critical limits of soil penetration resistance in a rhodic utrudox. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 2014;38:288-298. doi:10.1590/S0100-06832014000100029

Ortigara C, Koppe E, Luz FB, Bertollo AM, Kaiser DR, Silva VR. Uso do solo e propriedades físico-mecânicas de Latossolo Vermelho. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 2014;38:619-626. Doi:10.1590/S0100-06832014000200026

Pessoa SPM, Moraes JQ, Silva CA. Apomixia facultativa em *Smilax fluminensis* Steud. (Smilacaceae), espécie dióica de fragmentos florestais, Centro Oeste do Brasil. *Rev. Árvore.* 2013;37:1025-1035. doi:10.1590/S0100-67622013000600004

Reichert JM, Reinert DJ, Braida JA. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência & Ambiente.* 2003;27:29-48.

Reinert DJ, Albuquerque JA, Reichert JM, Aita C, Andrada MMC. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 2008;32:1805-1816. doi:10.1590/S0100-06832008000500002

Sá MAC, Santos Junior JDG. Considerações teóricas sobre o cálculo de resistência mecânica do solo a penetração determinada com penetrômetros dinâmicos. Brasília: Embrapa Cerrados; 2007. (Documentos, 200).

Severiano EC, Oliveira GC, Dias Júnior MS, Oliveira LFC, Castro MB. Pressão de preconsolidação e intervalo hídrico ótimo como indicadores de alterações estruturais de um Latossolo e de um Cambissolo sob cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 2008;32:1419-1427. doi:10.1590/S0100-06832008000400006

Silva CAD, Beltrao NEM, Ferreira ACB, Silva ORRF, Suassuna ND. Algodoeiro herbáceo em sistema de cultivo adensado: atualidades e perspectivas. Campina Grande: Embrapa CNPA; 2009. (Documentos, 219).

Silva AA, Castro SS. Indicadores macro e micromorfológicos da qualidade física de um Latossolo Vermelho textura média cultivado com cana-de-açúcar na microrregião de Quirinópolis, Goiás. Bol. Goiano Geog. 2014;34:233-251.  
doi:10.5216/bgg.v34i2.31731

Stolf F. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Rev. Bras. Ciênc. Solo. 1991;15:229-235.

Quadro 1: Valores de F, significância e coeficiente de variação (CV) das fontes de variações (FV), ambientes (A), épocas de semeadura (E) e profundidades (P), para resistência do solo à penetração (RP), porosidade total (PT), macroporosidade (MA), microporosidade (MI), densidade do solo (DS), umidade volumétrica (UV) e gravimétrica (UG) em função de ambientes, épocas e profundidade de amostragem do solo, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2014.

FV	RP	PT	MA	MI	DS	UV	UG
A	145,9**	111,3**	102,0**	13,1**	65,8**	64,6**	5,1**
E	21,4**	52,4**	7,7**	87,2**	18,2**	173,8**	189,0**
P	5,6**	3,0 <sup>NS</sup>	6,9**	2,8 <sup>NS</sup>	5,7**	0,7 <sup>NS</sup>	3,1 <sup>NS</sup>
A x E	0,7 <sup>NS</sup>	9,4**	6,9**	23,1**	1,6 <sup>NS</sup>	35,8**	32,0**
A x P	3,6**	1,9 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,7 <sup>NS</sup>	1,1 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,6 <sup>NS</sup>
E x P	6,1**	7,6**	5,9**	1,1 <sup>NS</sup>	5,5**	5,3**	0,3 <sup>NS</sup>
A x E x P	1,2 <sup>NS</sup>	1,0 <sup>NS</sup>	0,2 <sup>NS</sup>	0,3 <sup>NS</sup>	0,6 <sup>NS</sup>	0,8 <sup>NS</sup>	0,3 <sup>NS</sup>
CV (%)	30,6	5,1	31,8	7,9	9,7	8,1	11,5

\*\*Significativo pelo teste F ( $p \leq 0,01$ ). \*Significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). <sup>NS</sup>Não significativo pelo teste F.

Quadro 2. Desdobramentos das interações significativas para a resistência do solo à penetração, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2014.

Profund. <sup>1</sup>	Ambientes			Profund. <sup>1</sup>	Épocas	
	Algod. 90 <sup>2</sup>	Algod. 45 <sup>3</sup>	Mata		Antes	Final
m	MPa	MPa	MPa	m	MPa	MPa
0 – 0,05	3,49 bA	3,91 bA	1,29 bB	0 – 0,05	2,94 bA	2,85 cA
0,05 – 0,10	4,84 aA	5,40 aA	1,65 bB	0,05 – 0,10	3,80 aA	4,13 aA
0,10 – 0,15	4,54 aA	5,11 aA	1,64 bB	0,10 – 0,15	3,27 bB	4,25 aA
0,15 – 0,20	4,50 aA	4,31 bA	1,80 bB	0,15 – 0,20	3,47 bA	3,61 bA
0,20 – 0,25	4,05 aA	4,26 bA	2,21 aB	0,20 – 0,25	3,61 aA	3,41 bA
0,25 – 0,30	4,03 aA	4,10 bA	2,47 aB	0,25 – 0,30	3,99 aA	3,09 cB
0,30 – 0,35	3,95 aA	3,98 bA	2,27 aB	0,30 – 0,35	4,01 aA	2,79 cB
0,35 – 0,40	3,55 bA	3,60 cA	2,55 aB	0,35 – 0,40	3,93 aA	2,55 dB
0,40 – 0,45	3,08 bA	3,38 cA	2,55 aA	0,40 – 0,45	3,75 aA	2,25 dB
0,45 – 0,50	2,99 bA	2,91 cA	2,02 aB	0,45 – 0,50	3,22 bA	2,05 dB

Médias com letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Scott-knott ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Camadas de avaliação em profundidades. <sup>2</sup>Cultivo de algodão com espaçamento de 90 cm. <sup>3</sup>Cultivo de algodão com espaçamento 45 cm.

Quadro 3. Desdobramentos das interações significativas ambientes x épocas de avaliação e profundidade x épocas de avaliação para a porosidade total, macroporosidade, umidade volumétrica, microporosidade e densidade do solo, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2014.

Ambientes	Épocas		Profundidades	Épocas	
	Antes	Final		Antes	Final
Porosidade total					
-	$m^3 m^{-3}$	$m^3 m^{-3}$	m	$m^3 m^{-3}$	$m^3 m^{-3}$
Alg. 0,90 <sup>1</sup>	0,481 bB	0,524 bA	0 – 0,10	0,493 cB	0,557 aA
Alg. 0,45 <sup>2</sup>	0,476 bB	0,539 bA	0,10 – 0,20	0,514 bB	0,551 aA
Mata	0,584 aA	0,592 aA	0,20 – 0,30	0,534 aA	0,548 aA
Macroporosidade					
-	$m^3 m^{-3}$	$m^3 m^{-3}$	m	$m^3 m^{-3}$	$m^3 m^{-3}$
Alg. 0,90 <sup>1</sup>	0,122 bA	0,064 bB	0 – 0,10	0,102 bA	0,106 aA
Alg. 0,45 <sup>2</sup>	0,081 cA	0,069 bA	0,10 – 0,20	0,127 bA	0,117 aA
Mata	0,191 aA	0,199 aA	0,20 – 0,30	0,166 aA	0,110 aB
Umidade volumétrica					
-	$m^3 m^{-3}$	$m^3 m^{-3}$	m	$m^3 m^{-3}$	$m^3 m^{-3}$
Alg. 0,90 <sup>1</sup>	0,336 bA	0,246 bB	0 – 0,10	0,358 aA	0,272 aB
Alg. 0,45 <sup>2</sup>	0,351 aA	0,252 bB	0,10 – 0,20	0,350 aA	0,288 aB
Mata	0,358 aA	0,352 aA	0,20 – 0,30	0,336 bA	0,288 aB
Microporosidade			Densidade do solo		
-	$m^3 m^{-3}$	$m^3 m^{-3}$	m	$g cm^{-3}$	$g cm^{-3}$
Alg. 0,90 <sup>1</sup>	0,359 bB	0,460 aA	0 – 0,10	1,317 aA	1,321 aA
Alg. 0,45 <sup>2</sup>	0,395 aB	0,470 aA	0,10 – 0,20	1,235 aB	1,339 aA
Mata	0,393 aA	0,393 bA	0,20 – 0,30	1,123 bB	1,321 aA

Médias com letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Scott-knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Cultivo de algodão com espaçamento de 90cm. <sup>2</sup>Cultivo de algodão com espaçamento 45cm.

Quadro 4. Valores médios de microporosidade e densidade do solo em função de ambientes, épocas e profundidades de coletas de solo, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2014.

Fatores	Microporosidade	Densidade	U. gravim. <sup>1</sup>
Ambientes			
-	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
Algodão 90 cm	0,410 b	1,333 b	0,291 b
Algodão 45 cm	0,432 a	1,408 a	0,301 b
Mata	0,393 c	1,087 c	0,355 a
Épocas			
Antes	0,382 b	1,225 b	0,348 a
Final	0,441 a	1,327 a	0,283 b
Profundidades			
0 – 0,10 m	0,421 a	1,319 a	0,315 a
0,10 – 0,20 m	0,410 a	1,287 a	0,319 a
0,20 – 0,30 m	0,403 a	1,222 b	0,312 a

Médias com letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-knott ( $p \leq 0,05$ ). <sup>1</sup>Umidade gravimétrica.

## **Danos à caracteres agronômicos proporcionados pela mancha de ramulária em cultivares de algodão**

[Pesquisa Agropecuária Brasileira]

Leonardo Diogo Ehle Dias<sup>(1)</sup> e Dejânia Vieira de Araújo<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Tangará da Serra, Rod. MT 358, km 07, Jardim Aeroporto, Caixa Postal 287, CEP 78.300-000, Tangará da Serra, MT Brasil. E-mail: leonardodiasagronomia@gmail.com, dejania@unemat.br.

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a severidade de mancha de ramulária e os danos proporcionados pela doença às cultivares de algodão, utilizando dois espaçamentos e duas épocas de semeadura. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com esquema fatorial 2x2x4, com duas épocas de semeadura (18/12/2013 e 10/01/2014), dois espaçamentos entre linhas (0,90m e 0,45m) e quatro cultivares de algodão (FMT 709, FMT 705, IMA CD 05-8276 e FM 951 LL). Na primeira época de cultivo, em condições de ausência de aplicação de fungicidas, foi observada maior severidade da mancha de ramulária, não havendo diferenças entre os espaçamentos. Entre as cultivares, na FMT 705 e FM 951 LL, observou-se a menor e a maior média de severidade da doença, respectivamente. A primeira época de semeadura proporcionou maiores médias para o dano à produtividade de algodão em caroço. Para essas e as demais características avaliadas foram verificadas elevadas porcentagens de dano, atingindo 51,1% para o número de maçãs por planta na cultivar IMA CD 05-8276. A ausência de controle químico provoca elevada severidade da mancha de ramulária, danos à produtividade e às demais características agronômicas avaliadas neste estudo.

Termos para indexação: *Gossypium hirsutum*, *Ramularia areola*, redução em produtividade.

## Damages to agronomic traits provided by ramularia stain in cotton cultivars

Abstract – The objective of this study was to evaluate the severity of ramularia stain and the damage provided by the disease to cotton cultivars, using two spacings and two sowing dates. We used the a randomized block design with a 2x2x4 factorial scheme, with two sowing dates (18/12/2013 and 10/01/2014), two spacings between lines (0.90 m and 0.45 m) and four cotton cultivars (FMT 709, FMT 705, IMA CD 05-8276 and FM 951 LL). In the first growing season, under conditions of absence of fungicide application, there was a higher severity of the ramularia stain, with no differences between the spacings. Between cultivars, in FMT 705 and FM 951 LL, we observed the lowest and highest average of disease severity, respectively. The first sowing date provided greater averages for the damage to cotton productivity in seed. For these and other variables high percentages of damage were observed, reaching 51.1% for the number of apples per plant in the cultivar IMA CD 05-8276. The absence of chemical control caused high severity of the ramularia stain, damages to productivity and other agronomic characteristics evaluated in this study.

Index terms: *Gossypium hirsutum*, *Ramularia areola*, reduction in productivity.

### Introdução

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é uma importante cultura para a economia agrícola do Brasil e do Mato Grosso. Segundo o décimo levantamento da safra 2013/2014 no Brasil a área plantada com algodão foi de 1,119 milhões hectares, 25% maior que na safra anterior. Deste total, 57,3% da área cultivada está em Mato Grosso, caracterizando-o como principal estado produtor, com acréscimo de 35% de área plantada em relação a safra anterior (Brasil, 2014).

O sucesso da cotonicultura no estado de Mato Grosso ocorre principalmente pelas condições edafoclimáticas, como altas temperaturas praticamente em todo o período de safra, chuvas distribuídas em estações bem definidas e índices pluviométricos acima do exigido pela cultura. Contudo, essas condições associadas à alta umidade relativa do ar também favorecem o desenvolvimento de fitopatógenos causadores de doenças, tal como a mancha de ramulária (Rathaiah, 1977).

A mancha de ramulária causada pelo fungo *Ramularia areola* G.F. Atk., [syn.

= *Ramularia gossypii* (Speg.) Cif., *Cercospora gossypii* Speg.] é uma das mais importantes doenças foliares na cotonicultura brasileira (Novaes et al., 2011). Com o aumento da área cultivada com algodão no cerrado e condições ambientais favoráveis, a doença encontra-se disseminada em todas as áreas de cultivo do país. Além disso, o uso de cultivares com alta susceptibilidade possibilitou ao patógeno maior adaptabilidade e multiplicação de inóculo cada vez mais cedo, tornando-se uma das principais doenças da cultura.

Segundo Silva et al. (2010), nas safras 2007/2008 e 2008/2009 na região do Chapadão do Sul, a mancha de ramulária foi a doença com maior incidência nas lavouras de algodão, surgiu no estágio vegetativo onde observou-se 4,8% de incidência e permaneceu durante todo o ciclo da cultura, atingindo mais de 70% de incidência no estágio de maturação dos capulhos.

O manejo desta doença baseia-se na integração de medidas preventivas e curativas, como o uso de genótipos menos susceptíveis e o controle químico, tornando a atividade mais onerosa e danosa ao ambiente (Cia et al., 2013). Outra opção de manejo da doença que vem sendo estudada é o espaçamento entre linhas. Pizzato et al. (2013) avaliaram a severidade da mancha de ramulária nos terços inferior, médio e superior das plantas e observaram que nos terços inferior e superior houve menor severidade em espaçamento 0,45m entre linhas de semeadura, em comparação à 0,90m, e no terço médio não houve diferença. No entanto, este resultado pode ter sofrido interferência da acentuada perda de folhas no espaçamento 0,45m que não foi computada pelos autores.

A avaliação da severidade da mancha de ramulária considera a área foliar com sintomas. Desta forma, quanto maior for a área foliar afetada pela doença, maior será a severidade encontrada (Aquino et al., 2008a). A quantificação da severidade de manchas foliares é importante quando se avalia diferentes medidas de controle, resistência de genótipos e teste de eficiência de produtos fitossanitários. Contudo, além da severidade em um patossistema, é importante determinar o dano proporcionado pela doença à cultura estudada.

Neste sentido, são poucas as informações sobre o dano proporcionado pela mancha de ramulária na cultura do algodoeiro. Suassuna & Iamamoto (2005), testando a eficiência de produtos no controle químico da doença, observaram dano de até 30% na produção de algodão em caroço. Para as condições de Tangará da

Serra - MT um estudo com cultivares de algodão e gradientes da doença proporcionados por intervalos de aplicações de fungicida, observou dano à produtividade de algodão em caroço de até 36,83% (Gilio, 2014).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a severidade da mancha de ramulária e os danos proporcionados às cultivares de algodão, semeadas em dois espaçamentos e duas épocas.

### **Material e Métodos**

O estudo foi realizado na área experimental do Campus da Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, localizada geograficamente a 14°39'53" S e 57°25'46" W, altitude de 443m. Segundo Dallacort et al. (2011) as médias de temperatura e precipitação da área de estudo são de 24,4 °C e 1830mm, respectivamente. O clima da região é classificado como tropical úmido megatérmico, com temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico argiloso.

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em arranjo fatorial 2x2x4, que consistiu em duas épocas de semeadura (18/12/2013 e 10/01/2014), dois espaçamentos entre linhas de semeadura (0,45m e 0,90m) e quatro cultivares de algodão (FMT 709, FMT 705, IMA CD 05-8276 e FM 951 LL) em quatro repetições.

Para quantificar o dano proporcionado pela mancha de ramulária aos atributos avaliados, utilizaram-se parcelas de 36 m<sup>2</sup> divididas em duas. Uma tratada com rotação de fungicidas a partir da identificação da doença e a outra sem controle químico, caracterizando assim parcelas gêmeas sadias e doentes (Bergamin Filho, 2011). Cada parcela gêmea foi composta de quatro linhas no espaçamento de 0,90m e oito no espaçamento de 0,45m, ambas com 5m de comprimento. Como área útil, foram consideradas as duas linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 0,50m de cada extremidade das mesmas.

O preparo da área iniciou com a gradagem seguida da distribuição de calcário calcítico na dosagem de 2ton. ha<sup>-1</sup>. Os cálculos para a necessidade de calagem, adubação de base, adubação de cobertura e suprimento de micronutrientes foram realizados de acordo com o resultado da análise de solo (Tabela 1). Na adubação de

plântio, realizada no sulco de semeadura, utilizou-se como fonte o fosfato monoamônico com 48% de  $P_2O_5$  e 9% de N, completando com Cloreto de Potássio 58% de  $K_2O$  e Ureia 45% N, que também foram utilizados nas adubações de cobertura realizadas aos 30 e 50 dias após a emergência, com parcelamento do nitrogênio de 50% em cada data e o potássio apenas na primeira adubação. Como fonte dos micronutrientes necessários utilizou-se Sulfato de Zinco (30% Zn) e Ácido bórico (17% B).

O tratamento das sementes foi realizado com produto a base de carboxina  $200g L^{-1}$  + tiram  $200g L^{-1}$  na dosagem de  $160 + 160g i.a. 100 kg^{-1}$  de sementes. Assim como as adubações, a semeadura foi realizada manualmente com quatorze sementes por metro linear. Após 25 dias da germinação realizou-se o desbaste, deixando oito plantas por metro linear, constituindo um estande de 88.888 e 177.777 plantas  $ha^{-1}$ , para o espaçamento entre linha de 0,90m e 0,45m, respectivamente.

O controle utilizado para plantas daninhas consistiu na aplicação dos herbicidas trifloxissulfurom sodium  $750g kg^{-1}$  e setoxidim  $184g L^{-1}$ , nas doses  $7,5g i.a. ha^{-1}$  e  $230g i.a. ha^{-1}$ , respectivamente, além de capinas manuais. O controle de insetos pragas foi realizado com a aplicação de produtos conforme a espécie, realizando sempre que possível rotação de princípios ativos. A primeira aplicação do regulador de crescimento cloreto de mepiquat  $250g L^{-1}$  foi realizada aos setenta dias após a semeadura, e as demais conforme o monitoramento do distanciamento dos internós das plantas, na dosagem  $12,5g i.a. ha^{-1}$ . Quando aproximadamente 80% dos capulhos estavam abertos realizou-se a aplicação do maturador etefom  $480g L^{-1}$  + ciclanilida  $60 g L^{-1}$  com  $960 + 120g i.a. ha^{-1}$ .

A mancha de ramulária foi identificada em campo e confirmada no laboratório de fitopatologia aos setenta dias após a semeadura na primeira época e aos 52 dias após a semeadura na segunda época, com infecção de forma natural. As aplicações de fungicidas nas parcelas destinadas ao tratamento químico iniciaram logo após a identificação da doença, realizando aplicações com intervalo de sete dias, no intuito de manter essas parcelas sem sintomas ou em níveis mínimos da doença. Realizou-se a rotação dos fungicidas na sequência azoxistrobina  $200g L^{-1}$  + difenoconazol  $125g L^{-1}$  ( $70 + 44 g i.a. ha^{-1}$ ), piraclostrobina  $250g L^{-1}$  ( $100g i.a. ha^{-1}$ ), metiram  $550g kg^{-1}$  + piraclostrobina  $50g kg^{-1}$  ( $1100 + 100g i.a. ha^{-1}$ ), trifloxistrobina  $150g L^{-1}$  + protioconazol  $175g L^{-1}$  ( $60 + 70g i.a. ha^{-1}$ ), difenoconazol  $250g L^{-1}$  ( $100g i.a. ha^{-1}$ ) e

trifloxistrobina 100g L<sup>-1</sup> + tebuconazol 200g L<sup>-1</sup> (60 + 120g i.a. ha<sup>-1</sup>), visando eficiência no controle da mancha de ramulária.

As avaliações da severidade da mancha de ramulária iniciaram a partir da identificação da doença, com o auxílio da escala diagramática elaborada por Aquino et al. (2008a), realizando oito avaliações, uma a cada sete dias. Na primeira avaliação foram escolhidas seis plantas, aleatoriamente e marcadas com fita para a identificação das mesmas nas próximas avaliações. Nas avaliações foi observada uma folha em cada terço da planta, sempre na face abaxial.

Com os dados da severidade de mancha de ramulária foram calculadas as áreas abaixo da curva de progresso da severidade da doença das parcelas com controle e sem controle químico por meio da equação:

$$AACPS = \sum_{i=1}^{n-1} \left\{ \left[ \frac{(y_i + y_{i+1})}{2} \right] * (t_{i+1} - t_i) \right\}$$

onde,  $n_i$  é o número de avaliações,  $y_i$  é a severidade de mancha de ramulária na “i”-ésima observação e  $t_{i+1} - t_i$  é o intervalo de tempo em dias entre as avaliações.

Aos 110 dias após a semeadura foram coletadas plantas das parcelas, com controle e sem controle químico, para avaliação destrutiva das variáveis: número de maçãs por planta, considerando maçãs maiores que 1cm de diâmetro; número de ramos frutíferos por planta, considerando ramos com maçãs de qualquer tamanho ou flores; número de folhas por planta, considerando folhas com limbo maior que 3cm e a massa seca de folhas (g planta<sup>-1</sup>). Após a contagem as folhas foram destacadas das plantas, inclusive do pecíolo, e submetidas à secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65°C por 72h e pesadas em balança de precisão para determinar a massa seca.

Após a colheita manual da área útil de cada parcela, o algodão em caroço foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados, encaminhados ao laboratório para pesagem e cálculo da produtividade de algodão em caroço (kg ha<sup>-1</sup>). Os danos à produtividade, ao número de ramos frutíferos, ao número de maçãs, ao número de folhas e à massa seca de folhas, proporcionados pela ausência de controle da mancha de ramulária foram calculados subtraindo os valores das parcelas com tratamento químico daquelas sem tratamento químico, mantendo a mesma unidade de medida, e em porcentagem pela adaptação da equação de Nkalubo et al. (2007):

$$\text{Dano} = \left[ \frac{(P_s - P_d) * 100}{P_s} \right]$$

onde,  $P_s$  é a quantidade produzida nas parcelas com o controle da doença e  $P_d$  é a quantidade produzida nas parcelas sem o controle da doença.

Os dados foram submetidos à análise de variância individual para cada época de semeadura, analisando a razão entre os quadrados médios residuais. Como todas as variáveis apresentaram relação abaixo de 7:1, realizou-se a análise de variância conjunta (Banzatto & Kronka, 2013). As diferenças entre as médias, quando significativas no teste F, foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Genes (Cruz, 2013). Para as análises de variância os dados foram transformados pela equação  $\sqrt{x} + 0,5$ .

## Resultados e Discussão

Desdobrando a interação significativa entre épocas de semeadura e as cultivares de algodão para a área abaixo da curva de progresso da severidade da doença das parcelas sem controle observou-se que em todas as cultivares a maior severidade da mancha de ramulária ocorreu nas parcelas semeadas na primeira época (Tabela 2). Entre as cultivares, na primeira época de semeadura, a cultivar FMT 705 obteve a menor severidade da doença, não diferindo da cultivar FMT 709, que por sua vez não diferiu da cultivar IMA CD 05-8276, que obteve maior severidade que a FMT 705. A maior severidade observada ocorreu na cultivar FM 951 LL. Na segunda época de semeadura, não houve diferenças significativas entre as cultivares.

Quando comparado cada fator de forma isolada, observou-se maior severidade nas parcelas sem controle na primeira época de semeadura e não houve diferença significativa entre os espaçamentos de semeadura (Tabela 3). Entre as cultivares, nas parcelas sem controle, menor área abaixo da curva de progresso da severidade da doença foi observada na cultivar FMT 705, não diferindo da cultivar FMT 709, que também não diferiu da IMA CD 05-8276. Na cultivar FM 951 LL foi observada a maior severidade da mancha de ramulária.

A maior severidade da mancha de ramulária, observada na primeira época de semeadura, pode ser justificada pelas condições climáticas mais favoráveis a infecção e ao desenvolvimento da doença durante o ciclo de cultivo. Na primeira

avaliação da severidade da doença, realizada dia 08/03/2014, foram constatados sintomas somente nas parcelas semeadas na primeira época. Nas parcelas semeadas na segunda época os sintomas foram observados a partir da segunda avaliação realizada dia 15/03/2014. É provável que o aparecimento de sintomas, inicialmente nas parcelas semeadas na primeira época, está associado ao maior fechamento de dossel nas entrelinhas, apresentado pelo estágio vegetativo mais avançado, que proporciona microclima favorável ao desenvolvimento da doença. O maior fechamento do dossel associado à alta umidade relativa do ar e as precipitações pluviométricas, constantes no período de avaliação (Figura 1), possibilitaram maior período de molhamento foliar, principalmente no terço inferior das plantas, onde aparecem os primeiros sintomas da doença, que contribuíram com a infecção primária e maior severidade na primeira época de semeadura.

Na mesma região de cultivo Gilio (2014) constatou diferenças entre a severidade da mancha de ramulária para algumas cultivares, entre a semeadura realizada em 15/12/2012 e 15/01/2013. Entre os 18 genótipos testados pelo autor constavam em comum com este estudo as cultivares FMT 709 e FM 951 LL que apresentaram maior severidade na primeira época de semeadura, e para a cultivar FMT 705 não foi observada diferença entre as épocas.

Comparando as cultivares testadas neste estudo, foi verificado que as cultivares FMT 705 e FM 951 LL mostraram menor e maior susceptibilidade a mancha de ramulária, respectivamente (Tabela 5). Testando 18 genótipos em duas épocas de semeadura na mesma região, Gilio (2014) verificou resultados semelhantes para a cultivar FMT 705 e diferentes para a cultivar FM 951 LL, pois classificou ambas as cultivares como resistentes. Por outro lado, Cia et al. (2013), em um estudo de reação de genótipos de algodão à mancha de ramulária, realizados em Primavera do Leste – MT e Ituverava – SP, classificaram a cultivar FMT 705 como resistente em Mato Grosso e susceptível em São Paulo. Para explicar este resultado os autores levantaram a hipótese de variabilidade genética do patógeno.

Entre os espaçamentos de semeadura não foram observadas diferenças significativas em relação a severidade da mancha de ramulária (Tabela 5). Pizzato et al. (2013) testando os mesmos espaçamentos, entre linhas de semeadura, verificaram resultados diferentes ao avaliarem a severidade da doença nos três

terços das plantas da cultivar FMT 701, constatando maior severidade no espaçamento 0,90m em comparação ao 0,45m para o terço inferior e superior, e para o terço médio não houve diferença. Porém, conforme os próprios autores comentaram, a severidade do terço inferior no espaçamento 0,45m pode ser influenciada pela desfolha mais precoce ocasionada pelo adensamento de semeadura.

Apesar das aplicações semanais de fungicidas nas parcelas com controle químico, foi observada severidade da mancha de ramulária, porém em níveis mais baixos que na ausência de aplicações (Tabela 3). Entre as épocas de semeadura ocorreu maior severidade nas parcelas semeadas em dezembro de 2013. Entre os espaçamentos de semeadura e as cultivares testadas não foram observadas diferenças significativas. A ocorrência de severidade desta doença mesmo com tratamento químico vem sendo constatada em alguns estudos (Aquino et al., 2008b; Cia et al., 2013; Schaedler et al., 2013; Gilio, 2014; Dias et al., 2015;).

A produtividade de algodão em caroço, submetido ao controle químico da mancha de ramulária, foi superior na primeira época de semeadura e não houve diferenças significativas entre as cultivares e os espaçamentos (Tabela 3). Sob as condições de ausência de controle não houve diferenças para a produtividade de algodão em caroço entre os fatores.

A média de produtividade de algodão em caroço em Mato Grosso é de 3810kg ha<sup>-1</sup> em condições de semeadura de safra (Brasil, 2014). Desta forma, pode-se observar que a produtividade obtida sob condições de controle químico na primeira época de semeadura, simulando condições climáticas de safra, corrobora com a média do estado.

Na mesma região de cultivo, Pizzato et al. (2013) testaram a cultivar FMT 701 sem controle químico da mancha de ramulária e observaram maior produtividade de algodão em caroço no espaçamento 0,90m entre linhas, 2939kg ha<sup>-1</sup> em comparação ao 0,45m entre linhas com 1731,5kg ha<sup>-1</sup>. No presente estudo não foi observada diferença entre os espaçamentos de cultivo, onde o 0,90 m apresentou produtividade um pouco abaixo e o 0,45 m um pouco acima do estudo citado anteriormente.

O maior dano à produtividade foi observado nas parcelas semeadas na primeira época, correspondendo a 33,9% em comparação à segunda época de

semeadura com 25,1% de dano (Tabela 3). Provavelmente o maior dano na primeira época de semeadura está associado à ocorrência de maior severidade da mancha de ramulária. O aumento da área foliar afetada diminui a área foliar fotossinteticamente ativa, ocasionando redução da produção de fotoassimilados e conseqüentemente a produção final de fibra. Outra causa que pode ter intensificado o dano na produção de algodão seria a abscisão de folhas e o abortamento de maçãs, também resultante das altas severidades observadas.

Conforme os resultados obtidos para as épocas, a semeadura tardia pode ser uma alternativa mais sustentável para a cultura na região, pois além de proporcionar menor dano à produtividade, possibilita o cultivo de uma cultura anterior, tornando a utilização da área de cultivo mais eficiente pela maior produção e rentabilidade por área. Outro ponto positivo é a possibilidade de redução de aplicações de fungicidas. Com o atraso da semeadura o ciclo de cultivo diminui e coincide com condições climáticas menos favoráveis ao desenvolvimento da doença, reduzindo o impacto ambiental proporcionado pela cultura.

Embora não haja diferença significativa entre as cultivares e espaçamentos, para o dano proporcionado pela mancha de ramulária à produtividade de algodão em caroço, observou-se que para todas as situações o dano foi superior a 25% (Tabela 3). Entre as cultivares o dano variou entre 957,4 e 1293,7kg ha<sup>-1</sup> para a FMT 705 e FM 951 LL, respectivamente, que corresponde a 27,9% e 34% de dano à produtividade.

Nas mesmas condições de cultivo, em um estudo com cultivares e intervalos de aplicações de fungicida, foi relatado danos à produtividade de algodão em caroço entre as cultivares de 4,33% a 17,88% com aplicação a cada 15 dias, 12,82% a 24,61% com aplicação a cada 30 dias, 15,07% a 34,14% com aplicações a cada 45 dias e 19,86% a 36,83% na ausência de aplicações (Gilio, 2014). Os danos obtidos no presente estudo corroboram aos relatados pelo autor citado acima.

Na Índia, em estudo com a mancha de ramulária foram constatados danos à produtividade de algodão em caroço entre 62,7% e 68,7%, comparando parcelas sadias e doentes (Shlvankar & Wangikar, 1992), contudo no país as condições climáticas e os genótipos utilizados são diferentes. Outros estudos realizados no Brasil constataram incremento, na produção de algodão, quando se utilizou diferentes tratamentos químicos em relação a testemunha não tratada, entre eles

Suassuna e lamamoto (2005) notaram incremento de 11,71% a 29,35% e lamamoto e Amorelli Filho (2005) constataram incremento de 8,5% a 20,5%. Apesar de serem poucos os estudos que quantificam os danos proporcionados pela mancha de ramulária, aqueles que estão disponíveis demonstram a importância do controle da doença, pois a mesma pode proporcionar elevados níveis de dano.

O número de ramos frutíferos, tanto em condições de ausência como de presença do controle químico, foi superior na primeira época de semeadura, proporcionando maior produtividade de algodão em caroço com controle químico na primeira época de semeadura (Tabela 4). O dano ao número de ramos frutíferos só diferiu entre as cultivares, a cultivar IMA CD 05-8276 apresentou o maior dano e a FMT 709 menor.

Nas parcelas sem controle químico o número de maçãs diferiu-se apenas entre as cultivares, sendo que a FMT 705 apresentou a maior média não diferindo da FMT 705 e a IMA CD 05-8276 com a menor, não diferindo da FM 951 LL. O número de maçãs, em condições de uso de controle químico, e o dano ao número de maçãs não diferiram em nenhum dos fatores estudados.

Para o dano nas demais variáveis, embora não ocorreram diferenças significativas entre os fatores avaliados, observaram-se danos expressivos, principalmente, para o número de maçãs por planta, que chegou a mais de 50% na cultivar IMA CD 05-8276 (Tabelas 3 e 4). Para o número de folhas e a massa seca de folhas por planta os danos observados se mantiveram relativamente estáveis, com valores acima de 21% e abaixo de 35%.

Para o dano às variáveis número de maçãs e folhas por planta, existem duas hipóteses para explicar a menor produção nas parcelas sem controle químico. Sendo o abortamento dessas estruturas devido à alta severidade da mancha de ramulária ou a redução de emissão de folhas e maçãs devido a menor metabolização de fotoassimilados nas plantas mais sintomáticas, portanto são necessários a novos estudos, uma vez que são escassas as informações na literatura.

## **Conclusões**

1. As cultivares FMT 705 e FM 951 LL, foram classificadas como a menos e a mais susceptível, respectivamente, à mancha de ramulária.
2. A semeadura tardia proporciona menor severidade de mancha de ramulária e danos à produtividade de algodão em caroço.
3. A mancha de ramulária proporciona danos superiores a 25% na produtividade de algodão em caroço.
4. Os espaçamentos de cultivo do algodão não interferem na severidade da mancha de ramulária e nem no dano à produtividade da cultura.

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pela concessão da bolsa de mestrado.

### **Referências**

AQUINO, L.A.; BERGER, P.G.; RODRIGUES, F.Á.; ZAMBOLIM, L.; HERNANDEZ, F.R.; MIRANDA, L.M. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da mancha de ramulária do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.34, n.4, p.361-363, out./dez. 2008a.

AQUINO, L.A.; BERGER, P.G.; RODRIGUES, F.Á.; ZAMBOLIM, L.; OGOSHII, F.; MIRANDA, L.M.; LÉLIS, M.M. Controle alternativo da mancha de ramulária do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.34, n.2, p.131-136, abr./Jun. 2008b.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2013. 237p.

BERGAMIM FILHO, A. Avaliação de danos e perdas. In: AMORIN, L., REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A. (Ed.). **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 4. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p.672-690.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2013/14, Décimo Levantamento**. Brasília: Conab, jul. 2014. 127p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_07\\_09\\_09\\_36\\_57\\_10\\_levantamento\\_de\\_graos\\_julho\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_de_graos_julho_2014.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2014.

CIA, E.; FUZATTO, M.G.; KONDO, J.I.; OHL, G.A.; GALBIERI, R. Reação de genótipos de algodoeiro à mancha de ramulária em diferentes épocas e ambientes. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.39, n.3, p.193-197, jul./set. 2013.

CRUZ, C.D. Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.35, n.3, p.271-276, jul./set. 2013.

DALLACORT, R.; MARTINS, J.A.; INOUE, M.H.; FREITAS, P.S.L.; COLETTI, A.J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.33, n.2, p.193-200, abr./jun. 2011.

DIAS, L.D.E.; SILVA, D.M.V.; ASCARI, J.P.; BAGATINI, G.J.; AMBRÓSIO, J.; BATISTTI, M.; ARAÚJO, D.V. Controle de mancha de ramulária em algodão adensado. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v.15, n.187, p.08-11, jan. 2015.

GILIO, T.A.S. **Divergência genética em genótipos de algodoeiro e quantificação de danos causados pela mancha de ramulária**. 2014. 64p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra.

IAMAMOTO, M.M.; AMORELLI FILHO, S. Comportamento de fungicidas no controle da mancha de ramulária do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais**. Campina Grande: Embrapa CNPA, 2005.

NKALUBO, S.; MELIS, R.; ÓPIO F. Yield loss associated with anthracnose disease on Ugandan market-class dry bean cultivars. **African Crop Science conference Proceedings**, Kampala, v.8, n.4, p.869-874. oct./dec. 2007.

NOVAES, T.G.; ALMEIDA, W.P.; SCHUSTER, I.; AGUIAR, P.; MEHTA, YR. Herança de resistência do algodoeiro a *Ramularia areola*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.2, p.150-152, abr./jun. 2011.

PIZZATO, J.A.; ARAÚJO, D.V.; SERAFIM, M.E.; ARAÚJO, K.L.; DALLACORT, D.; GÍLIO, T.A.S.; ROMANO JÚNIOR, J.; MACIEL, V.A. Epidemiologic Study of *Ramularia areola* under Different Soil Covers and Spacings, for Cotton Crops. **American Journal of Plant Sciences**, Lincoln, v.4, n.4, p.2049-2059, nov. 2013.

RATHAIAH, Y. Spore germination and mode of cotton infection by *Ramularia areola*. **Phytopathology**, Saint Paul, v.67, n.10, p.351-357, oct. 1977.

SCHAEDLER, L.S.; ARAÚJO, D.V., ZAVISLAK, F.D.; PIZZATO, J.A.; KRAUSE, W.K. Eficácia de fungicidas no controle de *Ramularia areola in vitro* e em casa de vegetação. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p.1227-1240, jul./dez. 2013.

SHIVANKAR, S.K.; WANGIKAR, P.D. Estimation of crop losses due to grey mildew disease of cotton caused by *Ramularia areola*. **Indian Phytopathology**, New Delhi, v.45, n.1, p.71-73, jan./mar. 1992.

SILVA, R.R.; THEODORO, G.F.; STAUDT, R.C. Avaliação da incidência de doenças em algodoeiros cultivados na região de Chapadão do Sul. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.14, n.2, p.91-95, maio/ago. 2010.

SUASSUNA, N.D.; IAMAMOTO, M.M. Controle químico da mancha de Ramulária do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais**. Campina Grande, Embrapa CNPA, 2005.

**Tabela 1.** Resultados da análise de solo para macronutrientes e micronutrientes.

Areia	Silte	Argila	P <sup>(1)</sup>	K <sup>(2)</sup>	Ca <sup>(3)</sup>	Mg <sup>(4)</sup>	Al <sup>(5)</sup>	H <sup>(6)</sup>	CTC <sup>(7)</sup>
g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> -----					
370	86	544	1,00	0,23	2,50	1,46	0,00	5,00	9,20
pH <sup>(8)</sup>	MO <sup>(9)</sup>	V <sup>(10)</sup>	Zn <sup>(11)</sup>	Cu <sup>(12)</sup>	Fe <sup>(13)</sup>	Mn <sup>(14)</sup>	B <sup>(15)</sup>	S <sup>(16)</sup>	
H <sub>2</sub> O	g dm <sup>3</sup>	%	-----mg dm <sup>3</sup> -----						
6,0	34	45,60	2,00	3,40	42,00	32,60	0,26	13,20	

<sup>(1)</sup>Fósforo. <sup>(2)</sup>Potássio. <sup>(3)</sup>Cálcio. <sup>(4)</sup>Magnésio. <sup>(5)</sup>Alumínio. <sup>(6)</sup>Hidrogênio.

<sup>(7)</sup>Capacidade de troca de cátions a pH 7. <sup>(8)</sup>Potencial hidrogeniônico em água.

<sup>(9)</sup>Matéria orgânica. <sup>(10)</sup>Saturação de bases. <sup>(11)</sup>Zinco. <sup>(12)</sup>Cobre. <sup>(13)</sup>Ferro.

<sup>(14)</sup>Manganês. <sup>(15)</sup>Boro. <sup>(16)</sup>Enxofre.

**Tabela 2.** Desdobramento da interação épocas de semeadura x cultivares de algodão para a área abaixo da curva de progresso da severidade da doença das parcelas sem controle em Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2015<sup>(1)</sup>.

Épocas	Cultivares			
	IMA CD 05-8276	FMT 709	FMT 705	FM 951 LL
Época 1	856,4bB	708,8bAB	511,7bA	1182,9bC
Época 2	321,3aA	425,0aA	311,4aA	301,8aA

<sup>(1)</sup>Médias com letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúsculas diferentes nas linhas divergem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 3.** Médias de AACPS das parcelas com controle (AACPSc), AACPS das parcelas sem controle (AACPSsc), produtividade das parcelas com controle (Pc), produtividade das parcelas sem controle (Psc), dano à produtividade (DP), número de ramos frutíferos das parcelas com controle (NRFc), número de ramos frutíferos das parcelas sem controle (NRFsc) e dano ao número de ramos frutíferos (DNRF) em Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2015<sup>(1)</sup>.

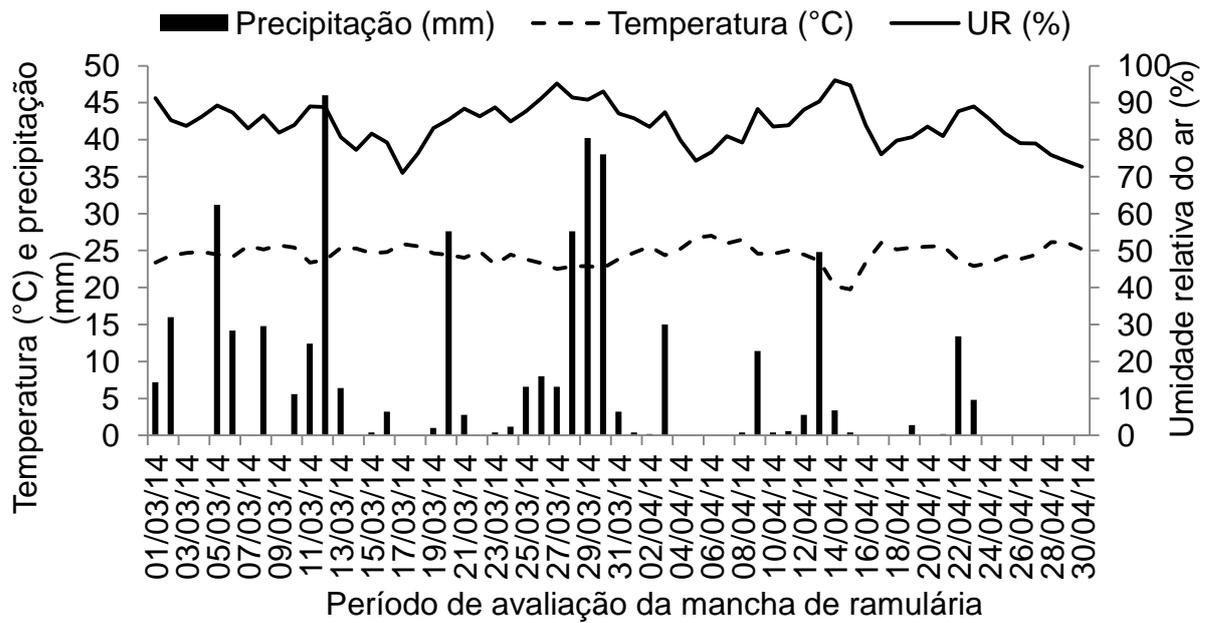
	AACPSc	AACPSsc	Pc (kg ha <sup>-1</sup> )	Psc (kg ha <sup>-1</sup> )	DP (kg ha <sup>-1</sup> )	DP (%)	NRFc (uni.) <sup>(2)</sup>	NRFsc (uni.) <sup>(2)</sup>	DNRF (uni.) <sup>(2)</sup>	DNRF (%)
Épocas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	269,7a	814,9a	3854,3a	2498,0 <sup>ns</sup>	1356,3a	33,9	15,2a	13,1a	1,9 <sup>ns</sup>	13,5
2	206,2b	339,8b	3128,7b	2325,2	803,5b	25,1	12,5b	10,5b	2,1	15,3
Espaçamentos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,90m	229,7 <sup>ns</sup>	593,7 <sup>ns</sup>	3378,9 <sup>ns</sup>	2437,0 <sup>ns</sup>	941,9 <sup>ns</sup>	26,8	13,8 <sup>ns</sup>	11,8 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	14,8
0,45m	246,2	561,1	3604,0	2386,1	1217,9	32,2	13,8	11,8	2,0	14,0
Cultivares	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IMA CD 8276	216,4 <sup>ns</sup>	588,8ab	3350,4 <sup>ns</sup>	2346,7 <sup>ns</sup>	1003,7 <sup>ns</sup>	28,7	14,1 <sup>ns</sup>	11,2 <sup>ns</sup>	2,9a	19,9
FMT 709	213,7	566,9bc	3661,7	2596,8	1064,8	27,5	14,1	12,9	1,2b	9,1
FMT 705	253,6	411,5c	3370,6	2413,1	957,4	27,9	13,6	11,8	1,7ab	13,0
FM 951 LL	268,1	742,4a	3583,3	2289,6	1293,7	34,0	13,5	11,4	2,1ab	15,7

<sup>(1)</sup>Médias com letras diferentes nas colunas divergem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). <sup>(2)</sup>Unidade planta<sup>-1</sup>. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 4.** Médias de número de maçãs das parcelas com controle (NMc), número de maçãs das parcelas sem controle (NMsc), dano ao número de maçãs (DNM), número de folhas das parcelas com controle (NFc), número de folhas das parcelas sem controle (NFsc), dano ao número de folhas (DNF), massa seca de folhas com controle (MSFc), massa seca de folhas sem controle (MSFsc) e dano à massa seca de folhas (DMSF) em Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2015<sup>(1)</sup>.

	NMc (u.) <sup>(2)</sup>	NMsc (u.) <sup>(2)</sup>	DNM (u.) <sup>(2)</sup>	DNM (%)	NFc (u.) <sup>(2)</sup>	NFsc (u.) <sup>(2)</sup>	DNF (u.) <sup>(2)</sup>	DNF (%)	MSFc g planta <sup>-1</sup>	MSFsc g planta <sup>-1</sup>	DMSF g planta <sup>-1</sup>	DMSF (%)
Épocas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	8,6 <sup>ns</sup>	5,4 <sup>ns</sup>	3,2 <sup>ns</sup>	35,7	35,7 <sup>ns</sup>	25,0 <sup>ns</sup>	10,1 <sup>ns</sup>	28,4	14,1 <sup>ns</sup>	9,5 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	29,3
2	8,4	4,7	3,7	42,9	35,0	25,2	10,7	27,4	13,6	9,2	4,4	29,0
Espaçamentos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,90m	8,6 <sup>ns</sup>	5,2 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	40,3	34,7 <sup>ns</sup>	24,4 <sup>ns</sup>	10,3 <sup>ns</sup>	28,3	13,5 <sup>ns</sup>	9,3 <sup>ns</sup>	4,2 <sup>ns</sup>	28,2
0,45m	8,4	4,9	3,5	38,3	36,3	25,8	10,5	27,6	14,1	9,4	4,8	30,1
Cultivares	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IMA CD 05-8276	7,5 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>b</sup>	3,9 <sup>ns</sup>	51,1	33,6 <sup>ns</sup>	22,9 <sup>ns</sup>	10,7 <sup>ns</sup>	30,6	13,0 <sup>ns</sup>	8,7 <sup>ns</sup>	4,3 <sup>ns</sup>	30,9
FMT 709	9,9	6,7 <sup>a</sup>	3,1	31,1	38,0	29,4	8,6	21,7	14,9	11,4	3,5	21,9
FMT 705	9,2	5,4 <sup>ab</sup>	3,9	39,0	36,6	24,7	11,9	31,3	13,1	8,7	4,4	29,6
FM 951 LL	7,4	4,4 <sup>b</sup>	3,1	36,2	33,7	23,4	10,4	28,1	14,2	8,6	5,7	34,2

<sup>(1)</sup>Médias com letras diferentes nas colunas divergem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). <sup>(2)</sup>Unidades planta<sup>-1</sup>. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 1.** Temperatura média, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar durante o período de avaliação de severidade da mancha de ramulária, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2015.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através dos estudos realizados, pode-se considerar que o cultivo de algodão, em sistema convencional, provoca alterações nos atributos físicos do solo, reduzindo a qualidade do mesmo, independentemente do espaçamento de semeadura. A mancha de ramulária provoca danos à produtividade de algodão em caroço e outros caracteres agronômicos. Verificou-se que o dano à produtividade é menor com a semeadura tardia, coincidindo com a menor severidade da mancha de ramulária.