

**Junho de 2014**  
Publicação periódica de difusão científica e tecnológica editada pelo Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAMT) e dirigida a profissionais envolvidos com o cultivo e beneficiamento do algodão.

**Diretor executivo**  
Álvaro Salles

**Contato**  
www.imamt.com.br

**Email**  
imamt@imamt.com.br

**Tiragem**  
3000 exemplares



Sintomas em algodoeiro provocados por nematoide de galha (Foto: Rafael Galbieri)

## Áreas de produção de algodão em Mato Grosso: nematoides, murcha de fusarium, sistemas de cultivo, fertilidade e física de solo

Rafael Galbieri<sup>1</sup>, João Flávio Veloso Silva<sup>2</sup>; Guilherme L. A. Asmus<sup>3</sup>; Carlos M. P. Vaz<sup>5</sup>, Fernando M. Lamas<sup>3</sup>, Silvio Crestana<sup>5</sup>, Elio D. Torres<sup>1</sup>, Auster Farias<sup>2</sup>, Valeria de O. Faleiro<sup>2</sup>, Luiz G. Chitarra<sup>6</sup>, Sandra M. M. Rodrigues<sup>6</sup>, Luiz A. Staut<sup>2</sup>, Eduardo S. Matos<sup>2</sup>, Silvio T. Spera<sup>2</sup>, Suzana Druck<sup>2</sup>; Ciro A.S. Magalhães<sup>2</sup>; Antônio A. E. de Oliveira<sup>1</sup>; Renato Tachinardi<sup>1</sup>, Sheila Fanan<sup>1</sup>, Neucimara R. Ribeiro<sup>4</sup>; Tânia F. S. Santos<sup>4</sup>

### 1. Introdução

A produção de algodão no estado de Mato Grosso é comprovadamente eficiente e rentável. A cada safra aumentam a tecnificação da cultura e o conhecimento acumulado. Reflexo disso é o crescimento da área ocupada por essa cultura em Mato Grosso, que representa mais de 50% do algodão plantado no país.

No entanto, problemas relacionados à ocorrência de nematoides e doenças a eles associadas vêm crescendo e preocupando os produtores. Existem vários exemplos de inviabilidade de áreas em função desses parasitas, principalmente em locais que foram tradicionais no cultivo do algodoeiro. Prá-

ticas de manejo deverão ser incentivadas para reduzir ou pelo menos manter estável o problema.

Para que a melhor estratégia possa ser utilizada, além de quantificar quais são as espécies presentes, é fundamental conhecer o sistema de produção no qual atua o produtor, o histórico da área, bem como as condições físicas e químicas do solo. O trabalho aqui relatado enfoca um esforço nesta direção, realizado em parceria entre o Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAMT), a Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA), o Instituto Brasileiro do Algodão (IBA), a Associação dos Produtores de Sementes de Mato Gros-

(1) Instituto Mato-grossense do Algodão, BR 070, Km 266, Cx. Postal 149, CEP 78.850-000, Primavera do Leste-MT. rafaelgalbieri@imamt.com.br

(2) Embrapa Agrossilvipastoril, Cx. Postal 343, CEP 78.550-970, Sinop-MT

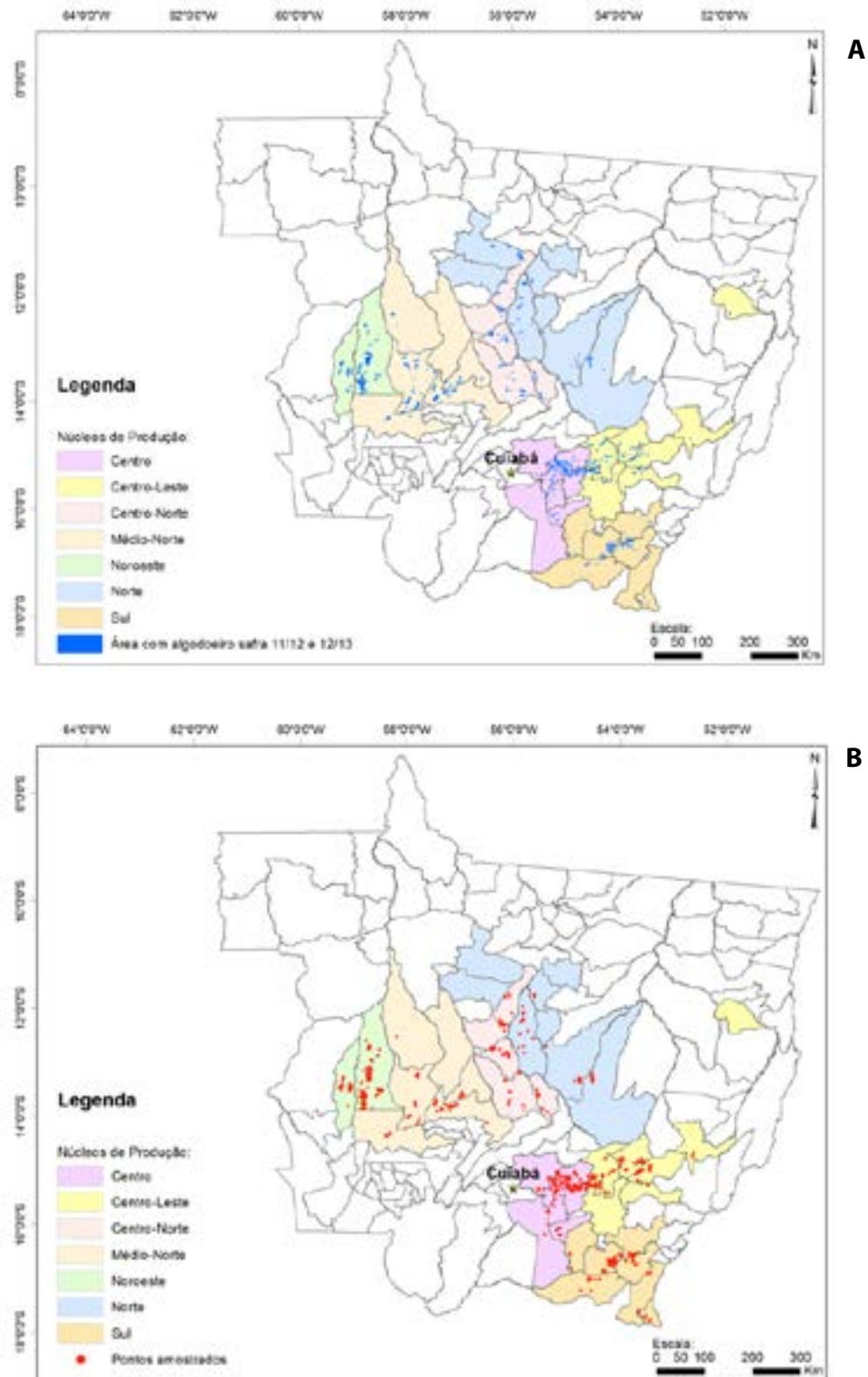
(3) Embrapa Agropecuária Oeste, Cx. Postal 661, CEP 79.804-970, Dourados-MS

(4) Aprosmat, Rua dos Andradas 688, Rondonópolis-MT, CEP 78.745-420

(5) Embrapa Instrumentação Agropecuária, Cx. Postal 741, CEP 13.560-970, São Carlos-SP

(6) Embrapa Algodão, Cx. Postal 343, CEP 78.550-970, Sinop-MT

**Figura 1.** Mapa do estado de Mato Grosso indicando áreas de produção de algodão nas safras 2011/12 e 2012/13 (A) e locais de amostragem dos 1.162 pontos analisados nesse trabalho (B).



so (Aprosmat) e quatro unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa): a Embrapa Agrossilvipastoril, Embrapa Algodão, Embrapa Instrumentação e Embrapa Agropecuária Oeste.

## 2. Metodologia e áreas amostradas

Durante as safras 2011/12 e 2012/13 foram amostrados 1.162 talhões com algodoeiro distribuídos nos sete núcleos de produção

dessa cultura no estado de Mato Grosso: (1) Centro Leste – Primavera do Leste; (2) Sul – Rondonópolis; (3) Centro – Campo Verde; (4) Centro Norte – Lucas do Rio Verde; (5) Norte – Sorriso; (6) Médio Norte – Campo Novo do Parecis e (7) Noroeste – Sapezal (Figura 1). No total foram coletadas amostras de 263 fazendas. Em cada uma, foram coletadas amostras em áreas contrastantes, com histórico de alta e baixa produtividade.

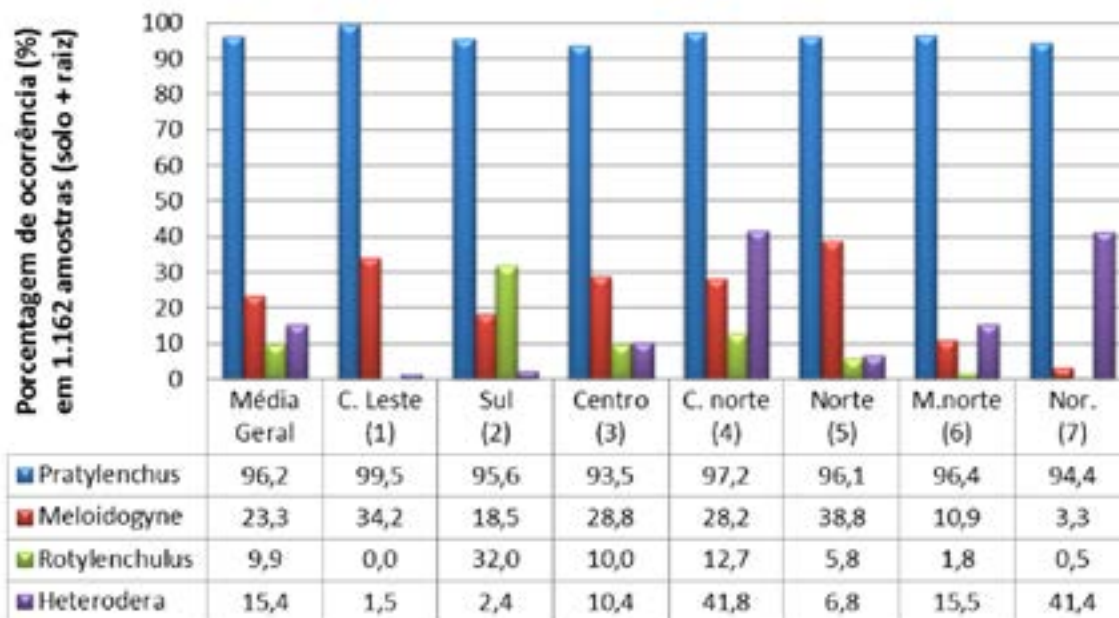


Figura 2. Ocorrência de diferentes gêneros de fitonematoides associados à cultura do algodoeiro nos núcleos de produção no estado de Mato Grosso, safras 2011/2012 e 2012/2013.

Em cada talhão a área amostrada foi de 10 ha, de forma que a amostragem fosse representativa. Nessa área foi feita amostra composta de 12 subamostras na profundidade 0-25 cm. Foram coletados solo (800 g) e raiz do algodoeiro (100 g). O período de amostragem foi compreendido entre 60 a 130 dias após a semeadura. A cada uma anexou-se uma ficha de coleta de dados com as seguintes informações: identificação do produtor e do talhão, coordenadas geográficas, data de coleta e semeadura, espaçamento, densidade de plantas, cultivar, presença de sintomas reflexos causados por nematoides e histórico da área.

Após a identificação, as amostras de solo e raízes foram enviadas para análises nematológica, fitopatológica, para diagnose da murcha de fusarium, e de fertilidade e física de solo. Também foi obtida a produtividade real dos talhões por meio de informações

cedidas pelos produtores, além de amostragem na área de cultivo pela equipe do projeto.

Foram entregues relatórios específicos aos proprietários de todas as fazendas, contendo somente os dados e informações pertinentes a suas áreas. Esta Circular Técnica tem como principal objetivo apresentar os dados médios obtidos, possibilitando ao produtor comparar dados específicos de sua fazenda com as médias e discussões obtidas no projeto, auxiliando no manejo das áreas.

### 3. Nematoides

Nas amostras coletadas (solo + raiz) foram detectadas as seguintes espécies de fitonematoides: *Pratylenchus brachyurus*, *Meloidogyne incognita*, *Rotylenchulus reniformis* e *Heterodera glycines* (Figura 2).

Dentre essas, a espécie de maior ocorrência e dis-

Tabela 1. Média da densidade populacional de nematoides (nº de espécimes em 200 cm<sup>3</sup> de solo + 5 g de raiz) presentes nas 1.162 amostras analisadas das sete regiões produtoras de algodão do estado de MT, nas safras 2011/2012 e 2012/2013.

| Regiões | nº Amostras | População de nematoides      |                                |                                 |                            |
|---------|-------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|         |             | <i>Meloidogyne incognita</i> | <i>Pratylenchus brachyurus</i> | <i>Rotylenchulus reniformis</i> | <i>Heterodera glycines</i> |
| R1      | 193         | 698                          | 503                            | 0                               | 1                          |
| R5      | 103         | 583                          | 393                            | 167                             | 2                          |
| R4      | 110         | 675                          | 273                            | 61                              | 18                         |
| R3      | 260         | 637                          | 242                            | 87                              | 5                          |
| R2      | 206         | 116                          | 280                            | 168                             | 2                          |
| R6      | 110         | 112                          | 136                            | 1                               | 4                          |
| R7      | 180         | 5                            | 198                            | 4                               | 30                         |

**Tabela 2.** Números médio, máximo e mínimo de espécimes de nematoides em amostras com presença das espécies selecionadas, analisando o total de 1.162 amostras.

| População                   | <i>Meloidogyne incognita</i> |                   | <i>Rotylenchus reniformis</i> |      | <i>Pratylenchus brachyurus</i> |       |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------------|------|--------------------------------|-------|
|                             | Solo <sup>1</sup>            | Raiz <sup>1</sup> | Solo                          | Raiz | Solo                           | Raiz  |
| Média                       | 1.714                        | 442               | 742                           | 70   | 77                             | 254   |
| Máximo                      | 11.210                       | 5.420             | 6.390                         | 920  | 2.130                          | 2.810 |
| Mínimo                      | 10                           | 10                | 10                            | 10   | 10                             | 10    |
| Nº de amostras com presença | 250                          | 193               | 108                           | 37   | 805                            | 1.088 |

(1) População encontrada em 200 cm<sup>3</sup> de solo e 5 g de raiz.

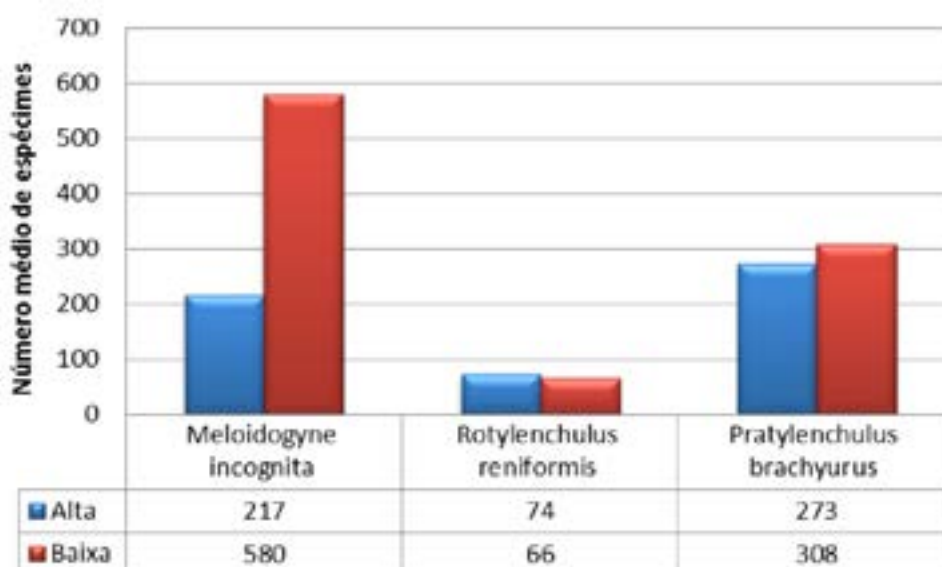
tribuição espacial foi *P. brachyurus*, detectado em 96% das amostras de forma homogênea em todo o estado. *M. incognita* estava presente em 23% das amostras, com maior concentração nos núcleos de produção Centro Leste, Centro, Centro Norte e Norte; de forma intermediária no núcleo Sul; e com menor incidência nos núcleos Médio Norte, principalmente Noroeste. Já a espécie *R. reniformis* foi constatada em 10% das amostras, com maior ocorrência na região Sul e ocorrência intermediária nas regiões Centro e Centro Norte. A espécie *H. glycines* foi observada em cerca de 15% das amostras, principalmente nos núcleos Centro Norte e Noroeste. Em relação a essa última espécie é importante ressaltar que ela só foi detectada em amostras de solo, sobretudo em áreas de algodão de segunda

safra após soja, pois esse nematoide não é patogênico à cultura do algodoeiro.

Comparando o levantamento atual com o anteriormente realizado no estado de Mato Grosso, há 11 anos, observa-se um aumento considerável na incidência de nematoides. A amostragem, naquela época, constituiu-se na avaliação de 623 amostras, observando-se uma incidência aproximada de 5% de *M. incognita* e 2% de *R. reniformis*. Para *P. brachyurus* a ocorrência também já havia sido alta, com presença em 94% das amostras (SILVA et al. 2003).

Os valores médios da densidade populacional de nematoides presentes nas 1.162 amostras analisadas das sete regiões produtoras de algodão podem ser observados na Tabela 1. Nota-se que, em termos médios das

**Figura 3.** Número médio da população de diferentes espécies de nematoides em 200 cm<sup>3</sup> de solo + 5 g de raiz em áreas com histórico de alta (558 amostras) e baixa produtividade (604 amostras).



quatro espécies relatadas, as regiões com médias mais elevadas são as de números 1 e 5, seguidas pelas regiões 4, 3 e 2. Com médias mais baixas estão as áreas das regiões 6 e 7 (Tabela 1).

Para efeito de manejo de áreas e comparação de populações de nematoides, na Tabela 2 estão apresentadas apenas as médias das amostras com presença de nematoides na espécie listada. A partir desses valores é possível observar a elevada população encontrada de *M. incognita*. É importante relatar que a época de amostragem ocorreu em pleno desenvolvimento da cultura (60 a 130 dias), momento em que a densidade populacional dos nematoides é consideravelmente superior à encontrada no período da semeadura.

Pelo que se observa na Figura 3, não houve diferenças entre as médias populacionais de *P. brachyurus* e *R. reniformis* entre áreas de alta e baixa produtividade. Isso indica que essas espécies não foram as responsáveis diretas por diferenças de produtividade observadas nas áreas de produção. Ou seja, avaliando-se apenas os dados médios, não foi possível comprovar o efeito direto dessas duas espécies na produtividade

do algodoeiro no estado de Mato Grosso.

No entanto, para a espécie *M. incognita* essa diferença foi significativa. Na maioria dos casos onde o nematoide está presente, a produtividade é mais baixa, mostrando ser este um nematoide extremamente danoso à cultura, com danos diretos na produtividade do algodoeiro no estado (Figura 3).

#### 4. Murcha de fusarium

A presença de murcha de fusarium, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*, em plantas de algodoeiro foi confirmada em 24 talhões dos 1.162 amostrados, perfazendo cerca de 2% de toda a área amostrada. A distribuição do fungo nas regiões avaliadas é heterogênea, com maior concentração nos núcleos de produção Centro Leste (10%) e Centro (2,3% da área da região). No entanto, o patógeno também foi diagnosticado em outras localidades no Sul (Serra da Petrovina) e Médio Norte (Figura 4). Isso demonstra sua grande concentração em determinada região, inclusive com danos expressivos à cultura, constatando-se que 100% das áreas com incidência do fungo apresentavam histórico de baixa produtividade. O pa-

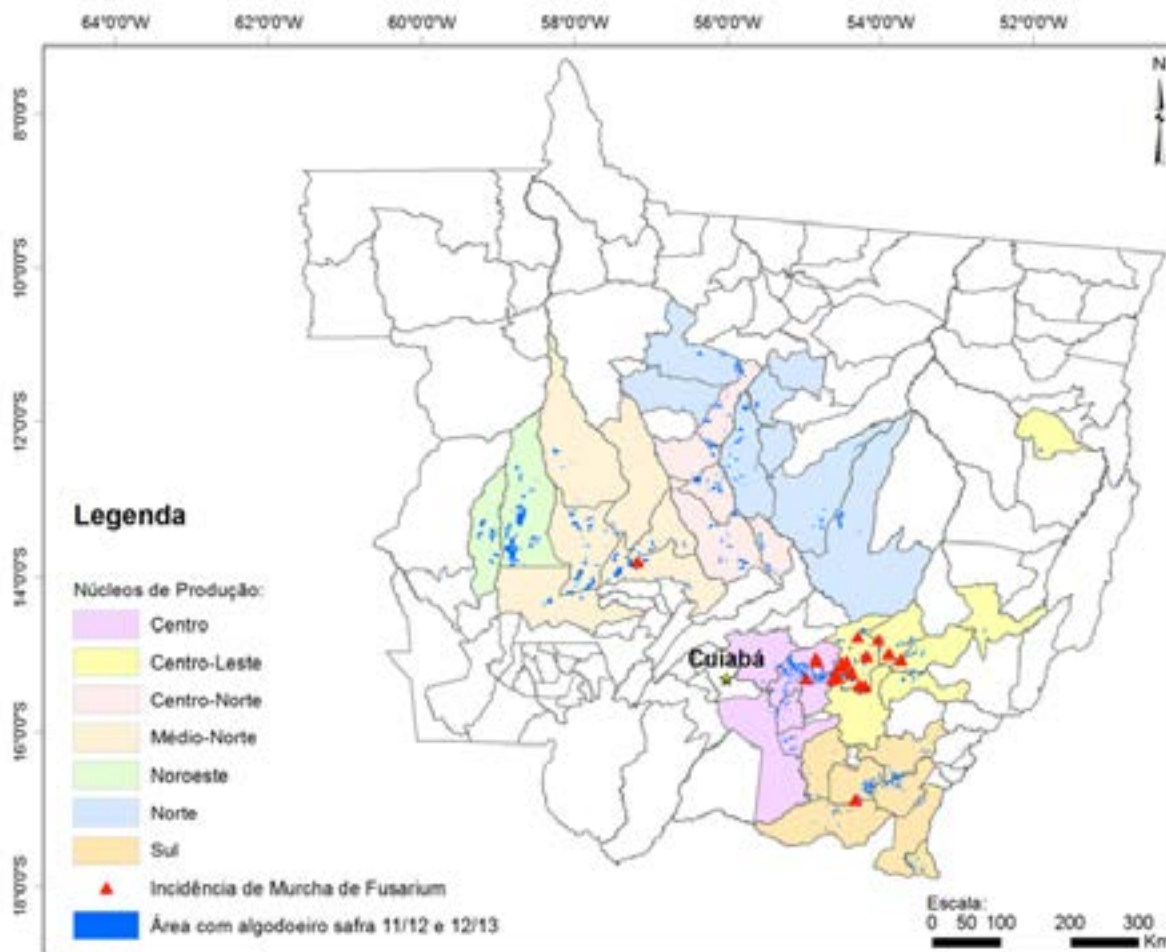


Figura 4. Áreas com incidência de murcha de fusarium em algodoeiro no estado de Mato Grosso nas safras 2011/12 e 2012/13.

**Figura 5.**  
Caules sem  
(à esquerda) e  
com (à direita)  
sintomas de  
murcha de  
fusarium. (Foto:  
Rafael Galbieri)



tógeno também foi recém-diagnosticado em determinados locais. Nesse caso, medidas de contenção para impedir a entrada do fungo em áreas livres da doença tornam-se extremamente importantes nessas regiões.

*F. oxysporum* é um fungo habitante natural do solo. As principais vias de disseminação do patógeno são por meio de sementes infectadas, implementos agrícolas, águas das chuvas e irrigação. Portanto, recomenda-se utilizar áreas de produção de semente livres do patógeno; que lotes de sementes a serem comercializados sejam tratados com fungicidas e que seja realizado o teste de sanidade de sementes; e evitar trânsito intenso de implementos agrícolas no sentido de áreas infestadas para as áreas livres sem a devida limpeza. Em muitas localidades onde foi confirmada a presença do fungo no estado de Mato Gros-

so, os técnicos não tinham conhecimento da presença da doença, o que revelou dificuldades na diagnose dos sintomas vasculares provocados pelo fungo (*Figura 5*).

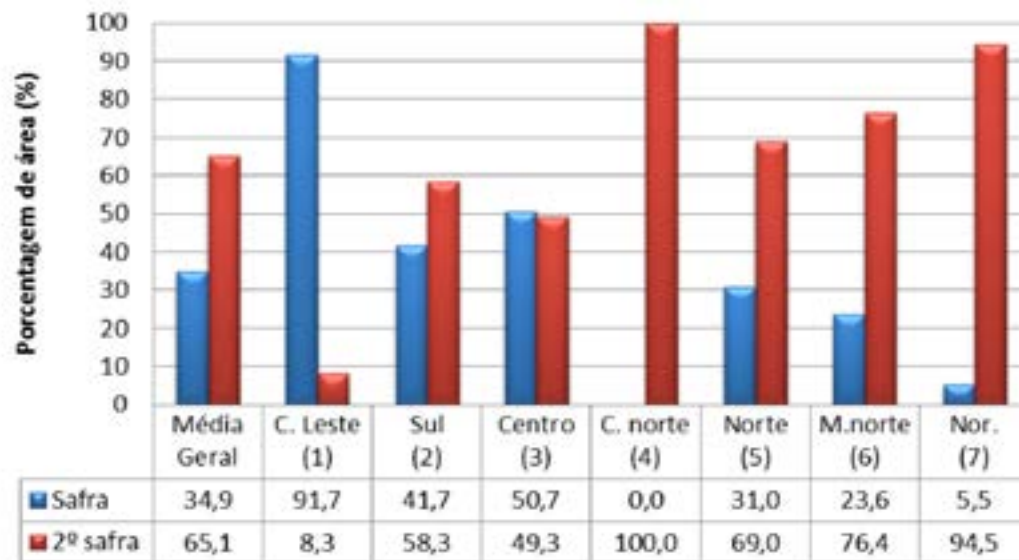
Outro aspecto interessante observado é que quase a totalidade das áreas com incidência da doença há presença de nematoide. No total diagnosticado, 98% das áreas estavam infestadas com *M. incognita*. Essa interação é preocupante pela potencialidade dos danos quando da presença do complexo.

### **5. Sistemas de cultivo**

O sistema de produção é composto pelo conjunto de tipos de cultivo e/ou de criação no âmbito de uma propriedade rural, definidos a partir dos fatores de produção (terra, capital e mão-de-obra) e interligados por um processo de gestão. O sistema de cultivo refere-se às prá-

**Figura 6.**  
Vista de área  
cultivada com  
algodoeiro sobre  
palhada de mi-  
lheto, semeado  
no início da  
estação chuvo-  
sa. Primavera  
do Leste-MT.  
(Foto: Fernando  
Mendes Lamas)





**Figura 7.** Evolução da área cultivada com algodoeiro em segunda safra (em sucessão à soja) no período de 2011/12 a 2013/14, no estado de Mato Grosso.

ticas comuns de manejo associadas a uma determinada espécie vegetal, visando sua produção a partir da combinação lógica e ordenada de um conjunto de atividades e operações.

O sistema de produção predominante em Mato Grosso é caracterizado como sendo de alta tecnologia, assim como em outras áreas do cerrado brasileiro.

### 5.1. Caracterização dos sistemas de produção

A sustentabilidade de uma atividade agrícola passa necessariamente pela interação entre os sistemas agrícolas conduzidos sobre o mesmo espaço físico. Nesse tipo de interação, uma espécie é influenciada direta ou indiretamente pela outra. Em geral, os sistemas aplicados com algodoeiro no Mato Grosso são os seguintes:

- **Cultivo em monocultura ou isolado**

Este modelo predomina nas regiões Sul e Leste de Mato Grosso. O algodoeiro é cultivado em áreas que, no

ano anterior, foram cultivadas também com algodoeiro; com isso é realizada intensa movimentação do solo com o uso de subsolador e grades. No início do período das chuvas é realizada a semeadura do milho, que é dessecado 15 a 20 dias antes da semeadura do algodoeiro. Durante o mês de dezembro é feita a semeadura do algodoeiro. Nesta região, é alta a incidência de nematoides do gênero *Meloidogyne* (Figura 6).

Neste sistema, o espaçamento entre fileiras varia de 0,76 a 0,90 m e o número de plantas por metro varia entre 7 a 10. As cultivares mais utilizadas são aquelas tolerantes a herbicidas e resistentes a lepidópteros.

- **Sistema em sucessão de culturas**

Neste sistema, o algodoeiro é cultivado fundamentalmente após a colheita da soja. Para isso, a soja é semeada durante os meses de setembro e outubro, utilizando-se preferencialmente cultivares super-pre-



**Figura 8.** Vista de área onde a soja já foi colhida, estando pronta para a semeadura do algodoeiro em janeiro. Campo Verde-MT. (Foto: Fernando Mendes Lamas)

coces e/ou precoces. A colheita da soja, em sua maioria, ocorre durante o mês de janeiro e o algodoeiro é semeado entre a segunda quinzena de janeiro e primeira quinzena de fevereiro.

Na *Figura 7*, tem-se a área cultivada com algodoeiro no sistema de sucessão (segunda safra), em comparação com aquele cultivado na safra.

Nas regiões Noroeste, Médio-Norte, Centro-Norte e Norte de Mato Grosso, o algodoeiro é cultivado fundamentalmente utilizando-se o sistema em sucessão de culturas.

O espaçamento entre fileiras de algodoeiro varia de 0,45 a 0,90 m, com predomínio do espaçamento de 0,76 m. Normalmente, no início do período de semeadura, utilizam-se espaçamentos maiores e, no final, espaçamentos menores. A frequência de uso do espaçamento de 0,45 m é baixa. O número de plantas por metro varia entre 7 a 10. A definição da população de plantas é feita com base em informações dos obtentores das cultivares, sem levar em consideração aspectos locais, como fertilidade de solo, época de semeadura e reação a nematoides.

É utilizada a maioria das cultivares disponíveis no mercado, com alta frequência de cultivares transgênicas, resistentes/tolerantes a herbicidas e a insetos.

Esse modelo de produção cresce continuamente, pois, quando se analisa o retorno financeiro, o sistema de soja mais algodão é o que tem atingido melhor desempenho. No entanto, alguns desafios começam a surgir, sendo evidente a alta incidência de pragas da soja, causando dano econômico para o al-

godoeiro, especialmente devido ao percevejo marrom (*Euschistus heros*), além de questões relacionadas a nematoides.

- **Sistema em rotação de culturas**

A rotação de culturas, processo de cultivo que contribui para a preservação ambiental, influi positivamente na recuperação, manutenção e melhoria dos recursos naturais; também viabiliza produtividades mais elevadas, com mínima alteração ambiental, além de preservar ou melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo e auxiliar no controle de plantas daninhas, doenças, nematoides e pragas.

Na *Figura 9*, está representada graficamente a utilização da prática de rotação de culturas nos sistemas de produção em que o algodoeiro é um dos componentes.

Destaca-se que a rotação de culturas ainda é pouco praticada em Mato Grosso. Entretanto, nas várias regiões do Estado, nota-se preocupação daqueles envolvidos direta ou indiretamente com a cultura do algodoeiro em relação à necessidade de se rever os sistemas de produção em uso. Há uma busca por sistemas sustentáveis. Devido ao modelo em uso, é comum observar-se sinais claros de degradação dos atributos físicos, químicos e biológicos, levando à queda do potencial produtivo desses solos e, também, à elevação dos custos de produção devido ao maior uso de fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas. A prática da rotação de culturas é indispensável para assegurar a sustentabilidade da produção de algodão. O modelo a ser adotado deve ser considerado em função de fatores estruturais e conjunturais. No

**Figura 9.** Utilização ou não de rotação de culturas nos sistemas de produção de algodão em Mato Grosso, separado por áreas de alta e baixa produtividade (Safras 2011/12 e 2012/2013).

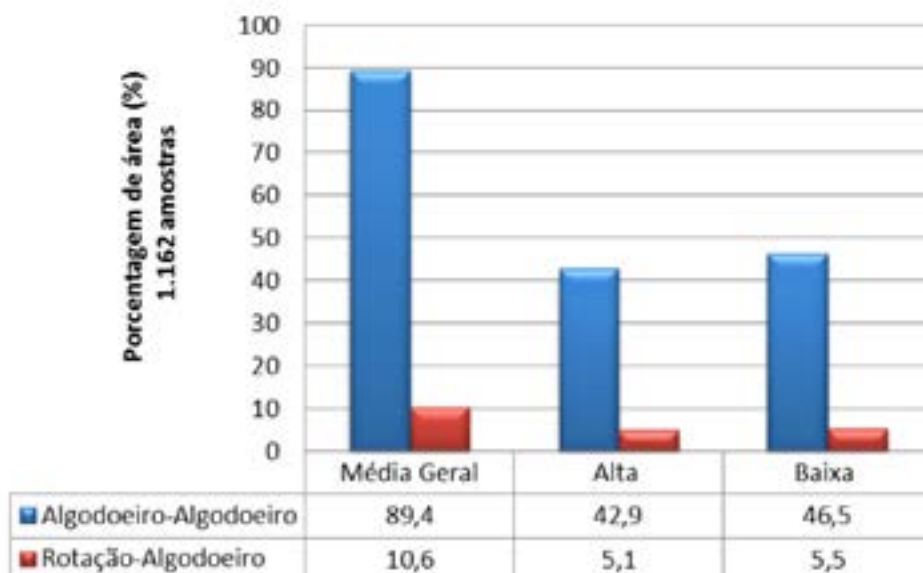






Figura 10. Algodoeiro cultivado sobre palhada de *Urochloa ruziziensis*. Sorriso-MT. (Foto: Luiz Gonzaga Chitarra)

período de verão, as alternativas de rotação de culturas são soja, milho e algodão; no outono-inverno, são: algodão, milho + braquiária, milho + crotalária. A área a ser ocupada com o cultivo de cada espécie irá depender de conhecimento técnico sobre a mesma, infraestrutura, custo de produção e expectativa de lucro, dentre outros fatores. É importante destacar que é fundamental a rotação de culturas tanto no período de verão como no outono-inverno.

Como exemplo, a *Figura 10* ilustra uma vista da área cultivada com algodoeiro sobre palhada de *Urochloa ruziziensis*, em Sorriso-MT. Nestas condições, após a colheita do algodoeiro, é feita a semeadura de soja e, na sequência, o cultivo de milho + *Urochloa ruziziensis*. Após a colheita do milho, antes do cultivo da espécie de verão, esta área pode ser utilizada como pastagem, isto numa época do ano em que a oferta de forragens é limitada.

## 6. Química de solo

### 6.1. Correção da acidez do solo, teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis

Em apenas 8% das áreas avaliadas os valores de saturação por bases foram menores que 40% (*Figura 12*), o que indica que mais de 90% das áreas em que o algodoeiro está sendo cultivado em Mato Grosso são áreas cuja fertilidade foi construída. Apesar disso, apenas 22% das áreas apresentaram valores de saturação por bases acima de 60%, o que é recomendado para o algodoeiro.

Com relação aos teores de Ca, Mg e à soma de Ca + Mg, quanto maiores os valores dessas variáveis, maio-

res foram os rendimentos de caroço de algodoeiro. Assim, constata-se que há diferenças nos níveis desses nutrientes no solo em função do manejo da calagem. Pode, portanto, estar ocorrendo aplicação de doses de calcário abaixo do nível crítico e desbalanço nutricional das plantas, que são causas de menores rendimentos (ZANCANARO et al., 2005).

O monitoramento para definição do momento de se realizar a calagem é feito mediante análise química do solo, ao menos a cada dois anos, na qual se observa os níveis de Ca e de Mg trocáveis, o teor de Al trocável e o pH do solo.

### 6.2. Manejo de nutrientes na cultura do algodoeiro

#### • Teores adequados de nutrientes

A partir dos dados obtidos nesse trabalho, fica evidente que existe diferença no rendimento de algodão em caroço em função da textura do solo, sendo este rendimento menor nos solos arenosos. Como foi constatado que o produtor quase sempre faz as adubações conforme a recomendação agrônômica, isso indica que pode estar havendo intensa lixiviação de K nos solos arenosos. Assim, Sousa & Lobato (2004) recomendam, nas doses de  $K_2O$  superiores a 60 kg/ha, aplicar a metade do adubo potássico na semeadura e o restante em cobertura, aos 30 dias após a germinação, ou o total da dose, a lançar em pré-semeadura.

O teor de enxofre no solo também mostrou diferença entre os grupos de maior e de menor produção do algodoeiro, sendo que os maiores valores de produção corresponderam aos maiores valores de enxofre. Isso ressalta a importância da aplicação

desse nutriente na cultura do algodoeiro. A planta do algodoeiro, por ser uma espécie produtora de óleo, demanda maior quantidade deste macronutriente secundário em relação às espécies gramíneas. Tal qual a soja, o algodoeiro exige pelo menos uma aplicação de 30 kg/ha de S a cada cultivo (SOUZA & LOBATO, 2004). Os solos do Mato Grosso geralmente têm baixo teor desse nutriente. Assim, é importante considerar o uso de fertilizantes que contenham enxofre na sua fórmula, como o superfosfato simples (12% de S), que indiretamente funcionaria como uma gessagem do solo. Essa aplicação de enxofre, mesmo que em dose reduzida, pode promover melhorias do ambiente radicular em sub-superfície, contribuindo para o aumento da tolerância ao estresse hídrico.

- **Manejo da matéria orgânica**

O teor de matéria orgânica do solo é um indicador de qualidade do solo que está direta e indiretamente relacionado ao estado nutricional das plantas e do manejo dos resíduos culturais. Observou-se relação direta da matéria orgânica do solo com a produtividade do algodoeiro, sendo que em áreas com alta produtividade foram observados os maiores teores de matéria orgânica do solo (Tabela 3). Os teores de matéria orgânica são

dependentes de vários fatores, entre eles a textura do solo. No levantamento, foram observados valores médios de matéria orgânica correspondentes a 25, 26, 34 e 39 g dm<sup>-3</sup> para solos com textura arenosa, média, argilosa e muito argilosa, respectivamente. Dessa forma, áreas com solos de textura argilosa e muito argilosa contêm maiores teores de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, maiores rendimentos de caroço de algodão. Além da textura, é importante considerar o sistema de manejo empregado, priorizando o uso de práticas que contribuam para a conservação do solo, como a manutenção da cobertura do solo, ausência de revolvimento do solo, rotação de culturas, dentre outros.

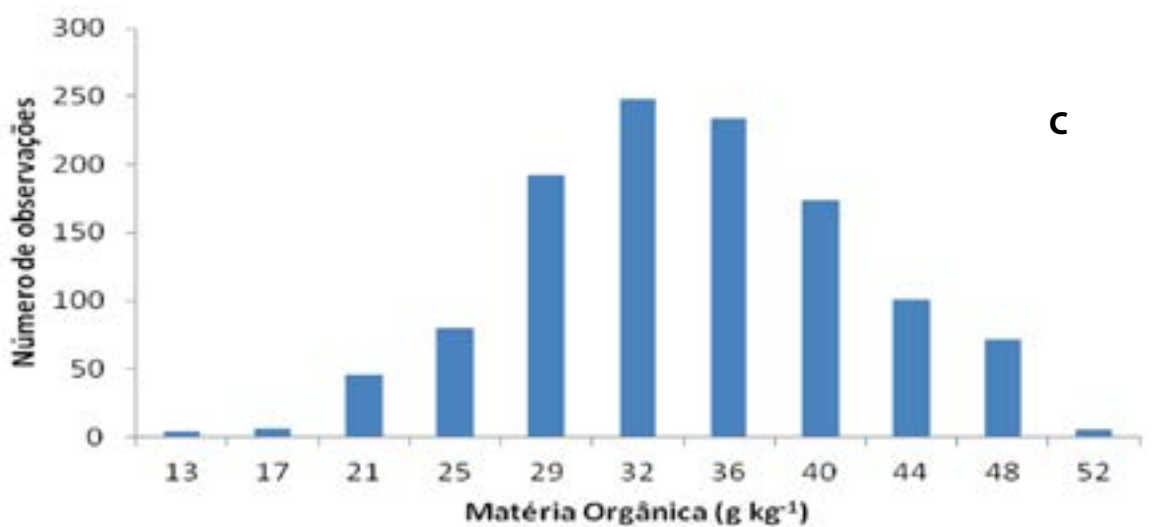
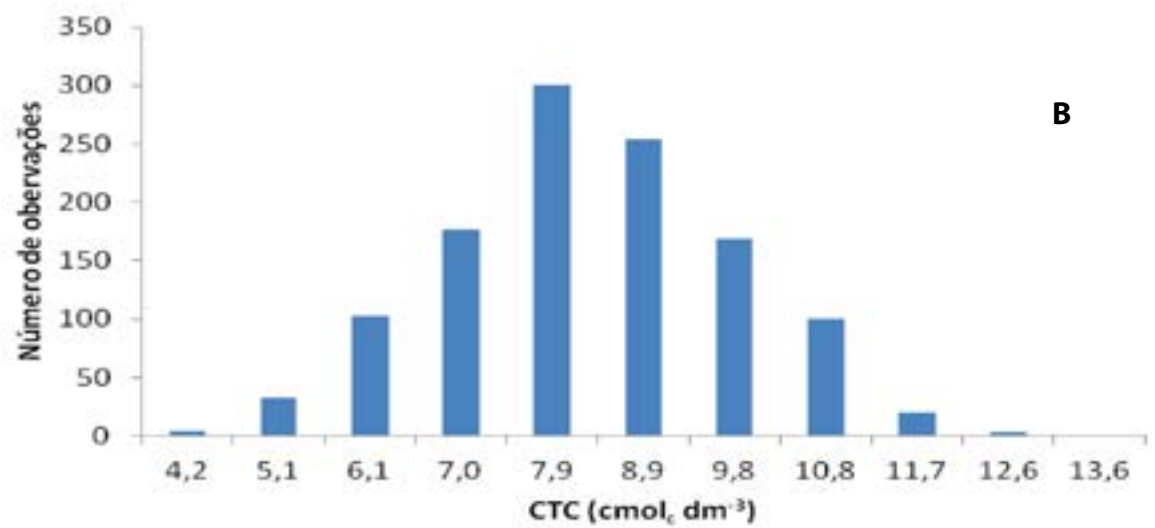
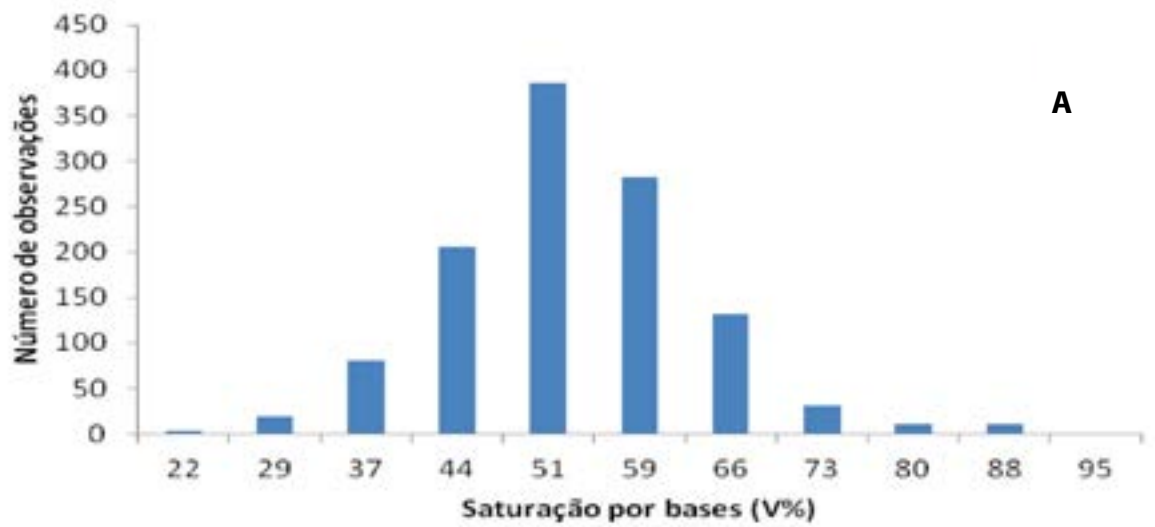
### 7. Física de solo

Visando o melhor entendimento do efeito das propriedades dos solos na produtividade do algodão e na ocorrência de nematoides, avaliaram-se diversas propriedades físicas, como a densidade do solo (Ds) e das partículas do solo (Dp), a porosidade total (Pt), a umidade ( $\theta$ ), a textura (teores de areia, silte e argila), condutividade elétrica (CE) e a impedância mecânica do solo ou resistência à penetração (RP). Os parâmetros Ds, Dp, Pt, CE,  $\theta$ , argila, silte e areia foram determinados na camada 10-20 cm de profundidade, enquan-

**Tabela 3.** Valores médios dos indicadores químicos do solo sob cultivo do algodoeiro em áreas de alta e baixa produtividade no estado de Mato Grosso.

| <b>Análises Químicas</b>                                | <b>Alta</b> | <b>Baixa</b> |
|---|-------------|--------------|
| <b>pH água</b>  | 6,0         | 6,1          |
| <b>pH CaCl<sub>2</sub></b>                              | 5,3         | 5,3          |
| <b>Al (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>)<sup>a</sup></b> | 0,0         | 0,0          |
| <b>P (mg/dm<sup>3</sup>)<sup>a</sup></b>                | 31,5        | 33,6         |
| <b>K (mg/dm<sup>3</sup>)<sup>a</sup></b>                | 80,2        | 72,3         |
| <b>Ca (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>)<sup>b</sup></b> | 3,2         | 3,0          |
| <b>Mg (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>)<sup>b</sup></b> | 1,2         | 1,1          |
| <b>Mat. org (g/dm<sup>3</sup>)<sup>c</sup></b>          | 36,3        | 33,2         |
| <b>Soma de bases</b>                                    | 4,5         | 4,3          |
| <b>CTC</b>  | 8,7         | 8,0          |
| <b>Sat. Base</b>  | 52,4        | 53,8         |

(<sup>a</sup>) Mehlich-1; (<sup>b</sup>) Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Al<sup>+3</sup> : KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; (<sup>c</sup>) Mat. Org. Walkey Black.



**Figura 12.** Distribuição das classes de frequência de saturação por bases (A), CTC (B) e matéria orgânica (C) em áreas de cultivo do algodoeiro no estado de Mato Grosso.

to a RP foi determinada em camadas de 10 cm, desde a superfície até 60 cm de profundidade.

Na análise das propriedades físicas foram determinados os valores médios de cada parâmetro separados por áreas de alta (A) e baixa (B) produtividade. Para facilitar a análise e comparação entre os diferentes tipos de solo, foram feitas também avaliações nas seguintes classes texturais: textura muito argilosa: argila  $\geq 60\%$ ; textura argilosa: argila  $< 60$  e  $> 30\%$ ; textura média: argila  $\leq 35\%$  e areia  $< 85\%$ ; textura arenosa: areia  $\geq 85\%$ .

A *Tabela 4* apresenta uma síntese dos valores médios obtidos para cada um dos parâmetros físicos dos solos avaliados. Foram consideradas 1.140 amostras das 1.162 inicialmente analisadas. De acordo com o número de pontos analisados para cada classe textural, observa-se uma predominância das classes argilosa (50%) e muito argilosa (36%) comparado com as classes de textura média (11%) e arenosa (2,5%). Esses números evidenciam uma maior utilização de áreas de boa qualidade física e química para o cultivo do algodão no estado de Mato Grosso. Com relação à classificação como área de alta ou baixa produtividade, houve um bom equilíbrio na escolha das áreas, considerando todo o conjunto (552 pontos de alta e 588 de baixa). No entanto, dentro de cada classe textural, observou-se uma proporção um pouco maior de pontos de alta produtividade para a classe muito argilosa (56% de alta e 44% de baixa), uma proporção idêntica para a classe de solos argilosos e um número bem maior de pontos de baixa produtividade para a classe de textura média (25% de alta e 75% de baixa). Já na classe de solos arenosos houve predominância quase total das áreas de baixa produtividade. Isso evidencia o maior potencial produtivo dos solos das classes mais argilosas em contraste com os solos arenosos, que são menos férteis e possuem uma menor capacidade de retenção da água e de nutrientes.

Observando-se todos os solos em conjunto, verifica-se um valor maior da densidade (Ds) e um valor menor da porosidade total (Pt) para os solos de baixa produtividade, que poderiam, em princípio, ser atribuídos à efeitos da compactação dos solos. Entretanto, verifica-se pelos dados da *Tabela 4* que o valor absoluto da densidade do solo é muito variável em função da textura dos so-

los, diminuindo com o aumento do teor de argila. De fato, observa-se que não há diferença dos valores médios de Ds entre áreas de alta e baixa produtividade para as classes muito argilosa, argilosa e de textura média. No caso da classe de textura arenosa, a comparação fica comprometida, uma vez que há apenas um ponto de alta produtividade. Assim, pode-se concluir que não há diferença significativa de Ds para os solos das áreas de diferentes produtividades (A e B), quando os dados são corretamente comparados dentro de uma mesma classe textural e, desta forma, a densidade e a porosidade do solo não podem ser consideradas como bons indicadores da compactação dos solos.

De acordo com os dados apresentados na *Tabela 4*, o parâmetro do solo que mais influenciou na produtividade foi a resistência à penetração (RP), que está diretamente relacionada à compactação do solo, ou seja, à limitação ao enraizamento da cultura. Para todas as classes de solo avaliadas houve aumento da RP no perfil para os pontos de baixa produtividade, indicando influência significativa da compactação na redução da produtividade. Os maiores valores de RP foram obtidos na camada de 20 a 30 cm de profundidade para todas as classes texturais e as classes que apresentaram os maiores valores de RP no perfil (maior compactação) foram as dos solos arenosos e argilosos. É necessário observar, entretanto, que as medidas de RP são muito influenciadas pela umidade do solo e os valores médios apresentados na *Tabela 4* são relativamente altos, pois diversos talhões foram amostrados em período em que o solo apresentava uma baixa umidade, principalmente nos meses de abril e maio. Assim, os valores apresentados servem para uma comparação entre grupos (A e B e diferentes texturas). Descartando-se alguns pontos, principalmente os dos talhões amostrados no mês de maio de 2012 e 2013, verificou-se que cerca de 16% dos pontos analisados (186 de um total de 1.140) apresentavam problemas de compactação do solo, com valores muito altos de RP, tendo sido recomendadas, portanto, operações para descompactação dessas áreas.

Comparando os dados médios das análises de nematoides no solo e na raiz, observa-se uma maior ocorrência de *M. incognita* para as áreas de baixa produtividade, quando comparada com as médias nas áreas de

**Tabela 4.** Média dos parâmetros físicos dos solos analisados, considerando todos em conjunto e por classe textural.

| Parâmetros            |                                  | Todos (geral) |      | Muito argilosa |      | Argilosa |      | Média |      | Arenosa |      |
|-----------------------|----------------------------------|---------------|------|----------------|------|----------|------|-------|------|---------|------|
|                       |                                  | A             | B    | A              | B    | A        | B    | A     | B    | A       | B    |
| Ds                    | g/cm <sup>3</sup>                | 1,21          | 1,26 | 1,16           | 1,16 | 1,23     | 1,23 | 1,48  | 1,48 | 1,45    | 1,51 |
| θ                     | cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> | 0,28          | 0,25 | 0,31           | 0,31 | 0,27     | 0,26 | 0,15  | 0,15 | 0,16    | 0,09 |
| Dp                    | g/cm <sup>3</sup>                | 2,74          | 2,72 | 2,75           | 2,75 | 2,73     | 2,72 | 2,67  | 2,66 | 2,63    | 2,64 |
| Pt                    | cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> | 0,56          | 0,54 | 0,58           | 0,8  | 0,55     | 0,55 | 0,45  | 0,44 | 0,45    | 0,43 |
| Areia                 | %                                | 35            | 43   | 24             | 25   | 39       | 41   | 71    | 70   | 80      | 85   |
| Silte                 | %                                | 9             | 8    | 10             | 9    | 9        | 9    | 3     | 4    | 5       | 4    |
| Argila                | %                                | 56            | 49   | 66             | 66   | 52       | 50   | 26    | 26   | 15      | 11   |
| CE                    | dS/m                             | 0,78          | 0,73 | 0,81           | 0,74 | 0,78     | 0,77 | 0,66  | 0,69 | 0,89    | 0,61 |
| RP <sub>0-10cm</sub>  | MPa                              | 1,5           | 1,5  | 1,4            | 1,6  | 1,6      | 1,6  | 1,3   | 1,4  | 1,2     | 1,5  |
| RP <sub>10-20cm</sub> | MPa                              | 3,4           | 3,7  | 3,4            | 3,7  | 3,5      | 3,8  | 3,0   | 3,4  | 1,6     | 3,8  |
| RP <sub>20-30cm</sub> | MPa                              | 4,1           | 4,4  | 4,0            | 4,2  | 4,3      | 4,6  | 3,9   | 4,1  | 3,2     | 5,3  |
| RP <sub>30-40cm</sub> | MPa                              | 3,8           | 4,0  | 3,5            | 3,7  | 4,0      | 4,3  | 3,7   | 3,7  | 2,9     | 5    |
| RP <sub>40-50cm</sub> | MPa                              | 3,3           | 3,4  | 3,0            | 3,1  | 3,5      | 3,6  | 3,2   | 3,1  | 2,9     | 4    |
| RP <sub>50-60cm</sub> | MPa                              | 2,8           | 2,8  | 2,6            | 2,6  | 2,9      | 3,1  | 2,6   | 2,6  | 2,0     | 3,2  |
| Nº. pts (total=1140)  |                                  | 552           | 588  | 235            | 181  | 284      | 284  | 32    | 95   | 1       | 28   |

Ds: densidade do solo; Dp: densidade das partículas do solo; (θ): umidade à base de volume; Pt: porosidade total; CE: condutividade elétrica no extrato de saturação; RP: resistência à penetração.

alta produtividade, para todas as classes texturais (Tabela 5), mostrando claramente o efeito do aumento da ocorrência de *Meloidogyne* na redução da produtividade. Esse aumento de nematoides e a diminuição da produtividade tornam-se mais significativos com a redução dos teores de argila ou aumento da areia dos solos (diferentes classes texturais), indicando também uma possível associação entre a compactação do solo e o aumento da incidência de nematoides (Figura 13). Portanto, verifica-se que os solos mais arenosos e mais compactados são mais suscetíveis à infestação de *M. incognita* e que a combinação desses parâmetros físicos do solo (resistência e textura) e a presença de nematoides provoca uma redução significativa da produtividade do algodoeiro.

Considerando-se todos os solos em conjunto, verifica-se uma produção média superior das áreas de alta produtividade em 33 @/ha (Tabela 5). Entretanto, para a classe muito argilosa, as áreas de alta e baixa tiveram produtividades médias praticamente iguais, enquanto para as classes argilosa e de textura média as produtividades das áreas de alta foram 32 e 70 @/ha superiores às áreas de baixa produtividade, respectivamente. Esses dados evidenciam a importância do monitoramento da incidência de doenças do solo como nematoides e murcha de fusarium, bem como dos parâmetros químicos e físicos do solo, visando o estabelecimento de estratégias combinadas de controle dessas doenças e manejo químico e físico do solo para o incremento da produtividade na cultura do algodão.

**Tabela 5.** Dados de produção em caroço de algodão e média do número de espécimes de *M. incognita* em 200 cm<sup>3</sup> de solo + 5 g de raízes para as áreas classificadas como de alta (A) e baixa (B) produtividade e separadas por classes de textura dos solos (1.140 amostras).

| Parâmetro                         | Classe textural |       |                |       |          |       |       |       |         |       |
|-----------------------------------|-----------------|-------|----------------|-------|----------|-------|-------|-------|---------|-------|
|                                   | Todos           |       | Muito argilosa |       | Argilosa |       | Média |       | Arenosa |       |
|                                   | Alta            | Baixa | Alta           | Baixa | Alta     | Baixa | Alta  | Baixa | Alta    | Baixa |
| Produção @/ha                     | 278             | 245   | 264            | 267   | 277      | 245   | 308   | 238   | -*      | 249   |
| <i>M. incognita</i> (solo + raiz) | 205             | 539   | 230            | 267   | 197      | 646   | 98    | 519   | 160*    | 1275  |

\*Valores de apenas 1 talhão, ou seja, pouco representativo.

**Figura 13.** Área de solo de textura arenosa, compactada, com 2.440 espécimes de *M. incognita* por 200 cm<sup>3</sup> de solo (amostrado aos 90 dias após o plantio), com incidência de murcha de fusarium em cultivar suscetível.



## Quadro geral de resumo e recomendação de manejo na cultura do algodoeiro

| <b>Tema</b>                | <b>Situação atual</b>   | <b>Recomendação de manejo</b>   |
|----------------------------|---|---|
| <b>Nematoides</b>          | <p>96% das amostras com <i>P. brachyurus</i>, 23% com <i>M. incognita</i> e 10% com <i>R. reniformis</i>. Aumento considerável na ocorrência de <i>M. incognita</i> e <i>R. reniformis</i>;</p> <p><i>M. incognita</i> foi relacionado com perdas de produtividade;</p> <p>Com os dados, não foi possível associar população de <i>P. brachyurus</i> com perdas de produtividade em algodoeiro no estado;</p> <p>Maior problema com nematoides nas regiões 1 e 5, seguidas pelas regiões 4, 3, 2, e com menor problema nas regiões 6 e 7.</p> | <p>Constante monitoramento populacional de nematoides nas áreas;</p> <p>Evitar a introdução do nematoide em áreas isentas;</p> <p>Utilização de genótipos resistentes ou moderadamente resistentes/tolerantes;</p> <p>Utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras;</p> <p>Utilização de produtos nematicidas químicos/biológicos;</p> <p>Associação de métodos de controle.</p> |
| <b>Murcha de fusarium</b>  | <p>2% da área de produção com a doença;</p> <p>Distribuição heterogênea no estado, com maior incidência nas regiões Centro Leste (10%) e Centro (2,3%);</p> <p>Associação do fungo com <i>M. incognita</i>;</p> <p>Dificuldade na diagnose da doença.</p>   | <p>Evitar a introdução do fungo em áreas isentas;</p> <p>Produção de sementes em área livre do patógeno;</p> <p>Tratamento de sementes com fungicidas;</p> <p>Utilização de cultivares resistentes em áreas infestadas;</p> <p>Intensificar treinamentos para diagnose da doença.</p>   |
| <b>Sistemas de cultivo</b> | <p>Há pouca variação entre os sistemas de produção em uso, mesmo com o aumento da incidência de nematoides;</p> <p>89% da área amostrada, foi relatada era cultivado algodão sob algodão;</p> <p>65% da área foi algodoeiro de segunda safra;</p> <p>Solo com pouca cobertura.</p>  | <p>Maior diversificação do sistema, considerando os limitantes da produção;</p> <p>Maior utilização da rotação de culturas;</p> <p>Considerar a cultivar, época de semeadura, espaçamento e número de plantas em áreas com problemas de nematoides;</p> <p>Cultivo de espécies isoladas ou consorciadas, visando a produção de palha.</p>   |
| <b>Fertilidade de solo</b> | <p>Apenas 22% das áreas apresentaram saturação por bases acima do valor recomendado, que é entre 60% e 70%.</p> <p>Houve correlação positiva dos teores <math>Ca^{2+}</math>, <math>Mg^{2+}</math>, S, K e matéria orgânica (M.O.) do solo com o rendimento do algodoeiro em Mato Grosso.</p>   | <p>Calagem conforme recomendação agrônômica, atentando-se para os níveis críticos de Al tóxico, Ca e Mg no solo;</p> <p>Parcelar a adubação potássica conforme recomendação agrônômica para evitar perdas de potássio por lixiviação;</p> <p>Aumento ou manutenção da cobertura do solo com palha e, portanto, do teor de M.O. do solo.</p>   |
| <b>Física de solo</b>      | <p>Física de solo teve efeito direto na produtividade do algodoeiro no estado;</p> <p>16% dos talhões amostrados apresentaram problemas com compactação do solo;</p> <p>A camada compactada de maior valor foi na profundidade de 20 a 30 cm;</p> <p>Houve maior incidência de <i>M. incognita</i> nas áreas de textura arenosa, seguidas das áreas argilosas e média.</p>  | <p>Monitorar constantemente a compactação do solo em talhões de produção;</p> <p>Em solos com problemas, efetuar medidas de descompactação principalmente na camada de 20 a 30 cm;</p> <p>Estratégias combinadas entre manejo de nematoides com física de solo principalmente em áreas de textura mais leve, como as arenosas e médias, com incidência maior de <i>M. incognita</i>.</p>          |

## 8. Referências

SILVA, R. A.; SERRANO, M. A.S.; GOMES, A. C.; BORGES, D. C.; SOUZA, A. A.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. Nematoides associados ao algodoeiro no Estado do Mato Grosso. In: IV Congresso Brasileiro de Algodão, 2003, Goiânia. Algodão: um mercado em evolução, 2003.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 416p. 2004.

ZANCANARO, L.; HILLESHEIM, J.; TESSARO, L.C.; VILELA, L.C.S. **Relatório parcial**: resposta da cultura do algodão a adubação com zinco, cobre, manganês e boro em solos com textura média e solos com textura arenosa. Rondonópolis: Fundação MT, 32p. 2005.

## 9. Agradecimentos

- Aos produtores e técnicos nas fazendas que participaram do projeto em Mato Grosso.
- Ao Instituto Brasileiro do Algodão, pelo financiamento dos trabalhos.
- Aos Assessores Técnicos Regionais (ATRs) do IMAmt.
- À equipe de campo do IMAmt que efetuou as coletas.

## REALIZAÇÃO



Ministério da  
Agricultura Pecuária  
e Abastecimento



## APOIO FINANCEIRO

