

Influência do sistema de produção soja-algodoeiro na população de fitonematoídes

Fernando Mendes Lamas

Embrapa Agropecuária Oeste - Dourados/MS

Alberto Souza Boldt

IMA - Rondonópolis/MT

João Flávio Veloso Silva

Embrapa Agrossilvipastoril - Sinop/MT

Guilherme L. Asmus

Embrapa Agropecuária Oeste - Dourados/MS

Rafael Galbieri

IMA - Primavera do Leste/MT

1. Introdução

As espécies de nematoídes parasitas de plantas apresentam especificidade em relação a seus hospedeiros e diferem quanto a suas adaptações às condições ambientais. Práticas culturais realizadas no agroecossistema têm efeito direto na comunidade e na população dos nematoídes. Dependendo do manejo utilizado, pode-se selecionar e possibilitar a multiplicação de determinadas espécies, que passam de quantidades mínimas a números extremamente elevados, a ponto de inviabilizar a produção. Por outro

lado, é possível indicar sistemas de produção que promovam a diminuição de problemas relacionados a nematoides, configurando-se como práticas de controle em áreas infestadas. Com isso, é importante caracterizar, no tempo e no espaço, o sistema de produção utilizado, confrontando-o com informações existentes em relação à dinâmica populacional de nematoides, para que seja possível compreender a situação atual e prever práticas que possam auxiliar no manejo de nematoides no Cerrado brasileiro.

Este capítulo tem como objetivo principal caracterizar e analisar o atual sistema de produção da cultura do algodoeiro no Estado de Mato Grosso, indicando seus possíveis reflexos no manejo de nematoides. Serão apresentados dados obtidos em projeto que compreende informações de, aproximadamente, 1.800 talhões, durante quatro safras agrícolas.

2. Definição de sistemas de produção

Sistema é a combinação de partes interligadas que formam um todo organizado ou complexo. Suas propriedades não podem ser descritas a partir de seus elementos separados, já que são essencialmente totalizantes (Bertalanffy, 1973; Chiavenato, 1993; citados por Hirakuri *et al.*, 2012).

Com base no trabalho de revisão de Hirakuri *et al.* (2012), padronizaram-se os conceitos de sistemas no cenário agropecuário por meio de uma escala geográfica: **a) sistema de cultivo:** “o sistema de cultivo refere-se às práticas 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”, como, por exemplo, atividades no planejamento da área, preparo de solo, semeadura, adubação, controle fitossanitário, colheita, pós-colheita (secagem, armazenamento e transporte); **b) sistema de produção:** “é composto pelo conjunto de sistemas 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”; podem ser classificados de acordo com sua complexidade ou grau de interação como: sistema em monocultivo ou produção isolada, sistema de sucessão de culturas, sistema em rotação de culturas,

sistema em consorciação de culturas ou policultivo e sistema em integração (lavoura-pecuária, lavoura-floresta, pecuária-floresta, lavoura-pecuária-floresta); **c) sistema agrícola:** “refere-se à organização regional dos diversos sistemas de produção vegetal e/ou animal, que considera as peculiaridades e similaridades desses diferentes sistemas”; **d) bioma:** “se refere ao espaço físico onde os sistemas agrícolas estão inseridos”. Exemplo de um bioma brasileiro é o Cerrado, compreendendo 21% do território nacional, com 2.116.000 km² (Klink & Machado, 2005).

3. Caracterização dos sistemas de produção em Mato Grosso

Neste tópico, apresentam-se as informações obtidas no Estado de Mato Grosso, que permitem caracterizá-lo sob o ponto de vista dos sistemas de produção prevalentes, dos quais o algodoeiro faz parte. Aproximadamente 1.800 talhões foram monitorados nas regiões produtoras do Estado, durante quatro safras agrícolas, entre 2011/12 e 2014/15. Parte desse trabalho foi apresentada no *Capítulo 2* deste livro, com dados específicos sobre a ocorrência de nematoides e sobre os diferentes atributos do solo; neste capítulo, serão considerados os dados do histórico do uso da terra nessas áreas.

De acordo com Neves e Pinto (2013), o sistema de produção predominante em Mato Grosso é caracterizado como sendo de alta tecnologia, assim como em outras áreas do Cerrado brasileiro. Alta tecnologia consiste no uso adequado de todos os fatores de produção, de modo a obter-se o máximo de rendimento de cada fator, sem que isto venha comprometer os recursos naturais e a saúde do homem. No Brasil, tem-se vinculado a necessidade de altas quantidades de insumos para a obtenção de alta produtividade; este é um aspecto que precisa ser discutido quando o assunto é produção sustentável de algodão.

O sistema de exploração agrícola em uso tem induzido o solo a um processo acelerado de degradação, sendo que as causas dessa degradação agem de forma conjunta, e a importância relativa de cada uma varia conforme as circunstâncias de clima, do próprio solo e das espécies cultivadas (Tecnologias..., 2011).

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. Exemplos: 1) o nitrogênio oriundo da fixação biológica pelo cultivo anterior de uma espécie leguminosa, liberado no solo pela decomposição de seus resíduos, é absorvido por outra cultura implantada na sequência; 2) a redução da incidência de mofo-branco na cultura do feijão cultivado em sucessão ou rotação com a braquiária; 3) a redução da população de nematoides no solo em sistema de rotação ou sucessão da soja com espécies do gênero *Crotalaria*. Este tipo de interação pode ser considerado de alto sinergismo (Hirakuri *et al.*, 2012).

3.1 Sistema em monocultura ou cultivo isolado

Esse sistema é empregado em determinadas áreas do Sul, Centro, e, principalmente, na região Centro-Leste do Estado. O algodoeiro é cultivado em áreas que, normalmente, no ano anterior, também tiveram algodoeiro. Nesse sistema, normalmente o solo sofre intensa movimentação com uso de subsolador e grades. No início do período das chuvas, realiza-se a semeadura do milho, que é dessecado de 15 a 20 dias antes da semeadura do algodoeiro. Durante o mês de dezembro, é feita a semeadura do algodoeiro, com maior concentração na primeira quinzena.

Na *Figura 1*, tem-se o algodoeiro, semeado sobre palha de milho, em área onde, no período de verão do ano anterior, implantou-se a mesma cultura.



Figura 1. Vista de área cultivada com algodoeiro sobre palhada de milho, semeado no início da estação chuvosa. Primavera do Leste/MT. Foto: Fernando Mendes Lamas.

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

3.2 Sistema em sucessão de culturas

Nesse sistema, o algodoeiro é cultivado fundamentalmente após a colheita da soja. Para isto, a soja é semeada durante os meses de setembro-outubro, utilizando-se preferencialmente cultivares superprecoces e/ou precoces; a colheita é realizada principalmente durante o mês de janeiro, e o algodoeiro, semeado entre a segunda quinzena de janeiro e a primeira de fevereiro. Na *Figura 2*, verifica-se a evolução da área cultivada com algodoeiro, com destaque para o crescente do cultivo de segunda safra (Imea, 2016).

A *Figura 3* mostra área cultivada com algodoeiro, onde anteriormente havia sido cultivada soja no mesmo ano agrícola. Observa-se a pouca cobertura do solo proporcionada pelos restos culturais da soja, o que é um dos inconvenientes deste modelo de produção. Nas regiões Noroeste, Médio-Norte, Centro-Norte e Norte de Mato Grosso, o algodoeiro é cultivado fundamentalmente valendo-se do sistema em sucessão de culturas. Nessa modalidade, o

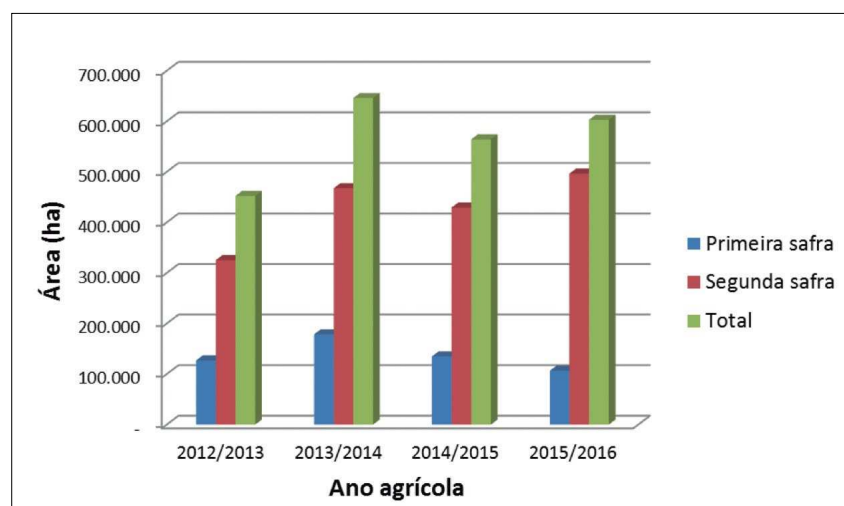


Figura 2. Evolução da área cultivada com algodoeiro no período de 2012/2013 a 2015/2016 no Estado de Mato Grosso (Imea, 2016).

Figura 3.

Vista de área cultivada com algodoeiro, em sucessão à soja. Foto: Fernando Mendes Lamas.



espaçamento entre fileiras varia de 0,45 m a 0,90 m, com predomínio do espaçamento de 0,76 m. Normalmente, no início do período de semeadura, utilizam-se espaçamentos maiores e, ao final, espaçamentos menores (Zancanaro & Kappes, 2012). A frequência de uso do espaçamento de 0,45 m é baixa. O número de plantas por metro varia entre sete e dez; a definição da população de plantas é feita com base em informações dos obtentores das cultivares, sem levar em consideração aspectos locais, como fertilidade do solo, época de semeadura e reação a nematoides.

Em geral, no Estado de Mato Grosso, usam-se no mesmo ano agrícola menos de dez culturas em antecedência ao algodoeiro (*Figura 4*). Dentre aquelas de interesse econômico, com intuito de colheita e venda da produção, a soja é a principal, com mais de 70% da área. Este modelo de produção vem apresentando crescimento contínuo, pois quando se analisa o retorno financeiro, o sistema soja + algodão é o que apresenta melhor desempenho (Alves *et al.*, 2012). Culturas como milho, feijão e sorgo também são utilizadas, mas, somadas, não chegam a 5% da área que antecede o algodoeiro. O restante são culturas utilizadas no sistema de sucessão, com o objetivo de melhorias do solo. Sem contar o milheto, que vem sendo utilizado como planta de cobertura no sistema de cultivo de algodão isolado, discutido anteriormente, há destaque ainda, mesmo que com área pequena (2% do total), para as culturas de crotalária e braquiária. Essas plantas são normalmente utilizadas para manejo

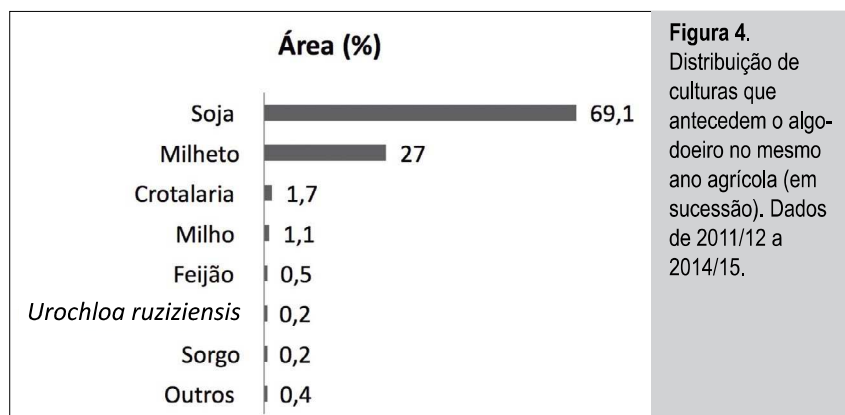


Figura 4. Distribuição de culturas que antecedem o algodoeiro no mesmo ano agrícola (em sucessão). Dados de 2011/12 a 2014/15.

de patógenos, sejam eles nematoides ou fungos de solo.

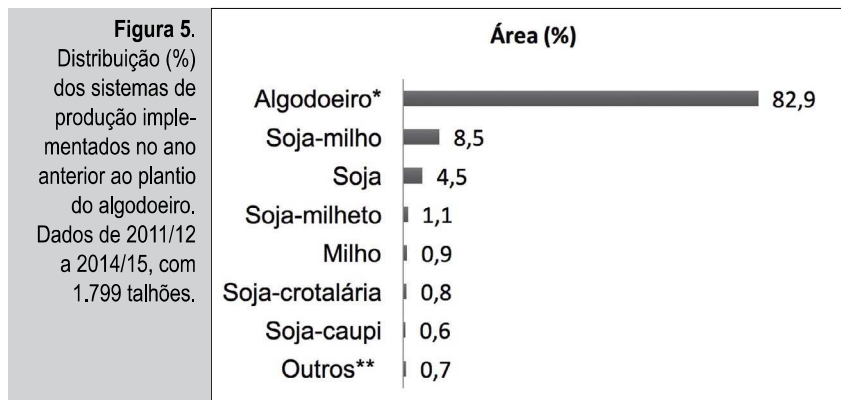
No entanto, alguns desafios começam a surgir, deixando evidente a alta incidência de pragas da soja, que causam dano econômico ao algodoeiro, especialmente o percevejo-marrom (*Euschistus heros* - Fabricius, 1794).

No sistema de sucessão, utilizam-se cultivares disponíveis no mercado, com alta frequência de cultivares transgênicas, resistentes/tolerantes a herbicidas e a insetos.

3.3 Sistema em rotação de culturas

Define-se rotação de culturas como sendo a alternância ordenada de diferentes culturas em determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área e na mesma estação do ano. Já a sucessão de culturas é definida como ordenamento de duas culturas na mesma área agrícola por tempo indeterminado, cada qual cultivada em uma estação do ano (Franchini *et al.*, 2011). O modelo de produção em que o algodoeiro é cultivado em área anteriormente com soja é sucessão de culturas, que, repetindo-se por muitos anos, caracteriza-se como monocultura.

O sistema de rotação ainda é pouco utilizado nas áreas de produção de algodão Mato-grossenses. Na *Figura 5*, representa-se graficamente a participação relativa dos diferentes sistemas de produção utilizados no ano anterior ao plantio do algodoeiro. Nota-se que, em 83% dos talhões, ocorreu a implementação da cultura do algodoeiro, tanto na condição de safra como em segunda safra.



* Algodoeiro em safra ou em sucessão.

**Milho-braquiária; crotalária; feijão-crotalária; braquiária; soja-sorgo; milho-crotalária.

Apesar da pouca utilização da rotação de culturas, nota-se preocupação dos envolvidos direta ou indiretamente com a cultura do algodoeiro, sobre a necessidade de revisão dos sistemas de produção em uso. Existe uma busca por sistemas que sejam sustentáveis; por conta do modelo em uso, é comum a observação de sinais claros de degradação dos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos, que levam à queda do potencial produtivo destes e também à elevação dos custos de produção, por conta do maior uso de fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas (Seguy & Bouzinac, 2015).

Na Figura 6, tem-se a vista de uma área cultivada com algodoeiro sobre palhada de *Urochloa ruziziensis* (= *Brachiaria ruziziensis*) em Sorriso/MT. Nessas condições, após a colheita do algodoeiro, fazem-se a semeadura de soja e, na sequência, o cultivo de milho + *Urochloa ruziziensis*. Na Figura 7, tem-se a visão de uma área onde, anteriormente, havia sido feito o cultivo do algodoeiro e, na sequência, foi semeada soja em sistema plantio direto. Um detalhe negativo que se verifica na Figura 7 é a ausência de palha na superfície do solo.

Uma das estratégias para melhorar o aporte de palha no sistema de plantio direto, nas condições do Estado de Mato Grosso, é o cultivo de *Urochloa ruziziensis* em consórcio com o milho segunda safra ou em área anteriormente cultivada com soja que não tenha sido cultivada com milho. Cabe destacar que o aporte adequado de palha ao sistema é fundamental para a sustentabi-



Figura 6.
Algodoeiro cultivado sobre palhada de *Urochloa ruziziensis*. Sorriso/MT. Foto: Luiz Gonzaga Chitarra.



Figura 7.
Soja em área anteriormente cultivada com algodoeiro. Chapadão do Sul/MS. Foto: Fernando Mendes Lamas.



Figura 8.
Urochloa ruziziensis cultivada em consórcio com milho segunda safra para aporte de palha ao sistema de produção. Primavera do Leste/MT. Foto: Fernando Mendes Lamas.

lidade deste. Na *Figura 8*, tem-se a vista de uma área do campo experimental do IMAmt, em Primavera do Leste/MT, com *U. ruziziensis* cultivada em consórcio com milho.

4. Influência dos sistemas de produção na dinâmica populacional de nematoides e seus danos

Fitonematoides são parasitas obrigatórios; necessitam de plantas para sua alimentação. Na ausência de plantas hospedeiras, eles apresentam mecanismos de sobrevivência, porém, sem aumento populacional, o que se dá somente na presença de plantas hospedeiras e em condições adequadas de temperatura e umidade. Na ocasião do plantio, no início da primavera, normalmente as populações dos fitonematoides estão extremamente baixas e vão aumentando até seu auge, o que se dá após o florescimento das plantas. Depois da colheita, a população diminui gradativamente durante a entressafra até o próximo plantio. Essa dinâmica normalmente ocorre quando há um plantio por safra, seguido de um período de pousio ou uma cultura de cobertura não hospedeira do nematoide.

A dinâmica populacional de nematoides pode ser influenciada conforme o sistema de produção empregado (Noe, 1988). Exemplo pode ser visto na *Figura 9*, com dados obtidos em área infestada por *Meloidogyne incognita*, em Campo Verde/MT. Nesse caso, é visível a diferença na população, dependendo da prática agrícola utilizada após a colheita da soja suscetível a *M. incognita*. Quando se utiliza o pousio, a população do nematoide diminui drasticamente da colheita até a época de plantio do próximo ano. Já no sistema de sucessão soja-algodoeiro, a população continuou aumentando no algodoeiro plantado imediatamente após a colheita da soja, refletindo em uma população inicial para a próxima safra maior, se comparado com sistema de pousio. Além disso, o algodoeiro, na fase inicial de seu crescimento, encontrará uma população inicial do nematoide alta, multiplicada durante o ciclo da soja.

O ciclo biológico do nematoide-das-galhas é influenciado por diferentes fatores, como temperatura, umidade, plantas hospedeiras, entre outros. De modo geral, completa-se entre 3 e 4 semanas (Ferraz & Monteiro, 1995). Quando utilizada apenas a cultura da soja, há aproximadamente 100-110 dias de disponibilidade de plantas

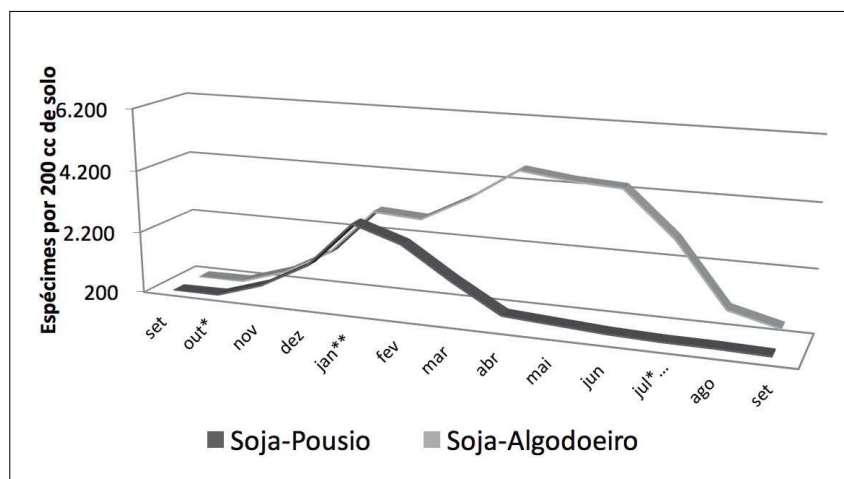


Figura 9. Dinâmica populacional de *M. incognita* (número de espécimes em 200 cm³ de solo) em dois diferentes sistemas de produção em Campo Verde/MT. *Outubro: plantio da soja (suscetível a *M. incognita*); **janeiro: colheita da soja e plantio do algodoeiro (suscetível a *M. incognita*); ***julho: colheita do algodoeiro.

hospedeiras. Todavia, com a implementação das duas culturas na sequência, a quantidade de dias com plantas suscetíveis no campo é de, aproximadamente, 250-280. Mesmo considerando que haverá um período mais seco ao final da cultura do algodoeiro, é fácil imaginar a multiplicação do nematoide no sistema de sucessão soja-algodoeiro (ambas suscetíveis ao nematoide) comparativamente com a produção da soja isolada. Vale ressaltar que, em vez do pousio após a soja, poderia ser utilizada uma cultura não hospedeira, que teria o mesmo benefício do pousio em termos de não permitir a multiplicação do nematoide e com vantagens nas melhorias dos atributos químicos e físicos do solo, entendendo, obviamente, o pousio como o período sem nenhuma planta hospedeira na área após a cultura da soja. Havendo soja tigueria ou plantas infestantes suscetíveis, ocorrerá a multiplicação do nematoide.

Como já relatado, há grande utilização da sucessão soja-algodoeiro, sobretudo nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Nesse sistema, mais do que nunca, há necessidade de incorporar diferentes métodos de manejo de nematoides para manter a população e os danos em níveis aceitáveis para sustentabilidade da produção. Como esse sistema vem ocupando posição de destaque na produção de algodão nas principais regiões do

Brasil, e, aparentemente, não mostra indícios de recuo, a questão é como produzir soja e algodão mantendo a população de nematoides abaixo do nível de dano. Não é uma tarefa fácil, porém, havendo métodos de controle e viabilidade de utilizá-los, é possível imaginar alguns cenários para adaptar esse esquema de produção.

O primeiro passo é a identificação correta das espécies de fitonematoides presentes na área e sua quantificação. As principais espécies no Cerrado brasileiro são *Meloidogyne incognita*, *Rotylenchulus reniformis*, *Pratylenchus brachyurus*, *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines*. A soja é hospedeira de todas; e o algodoeiro, das três primeiras. Obviamente, há variabilidade entre cultivares, o que será abordado separadamente. Caso a sucessão se mantiver ano após ano com cultivares suscetíveis, a tendência é que a produção seja inviabilizada em função do aumento da população de nematoides em áreas infestadas. A rotação de culturas nesse modelo de produção é primordial para manter a sustentabilidade da produção. Como exemplo, no Estado de Mato Grosso, há aproximadamente 600.000 ha com algodoeiro em um universo de 9 milhões de hectares de soja. Porém, como demonstrado, em menos de 20% das áreas destinadas ao algodoeiro observa-se a prática da rotação de culturas.

Após a introdução ou seleção de uma espécie de nematoide em uma área, a rotação de cultura com espécie não hospedeira é um dos métodos mais eficientes para a diminuição da população (*Figura 10*).

A rotação também é o método de manejo de fitonematoides mais antigo (Nusbaum & Ferris, 1973; Barker, 1991); trata-se de um processo importante de cultivo, que contribui para a preservação ambiental, influi positivamente na recuperação, na manutenção e na melhoria dos recursos naturais, viabiliza produtividades mais elevadas, com alteração ambiental mínima, além de preservar ou melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo e auxiliar no controle de plantas daninhas, doenças e pragas. Além disso, repõe restos orgânicos e protege o solo da ação dos agentes climáticos, ajudando na viabilização da semeadura direta e seus efeitos benéficos sobre a produção agropecuária e sobre o meio ambiente como um todo.

Basicamente, os princípios de manejo da população de nematoides pela utilização da rotação de cultura são: (a) redução da população inicial (P_i) de nematoides a níveis que permitam à cultura

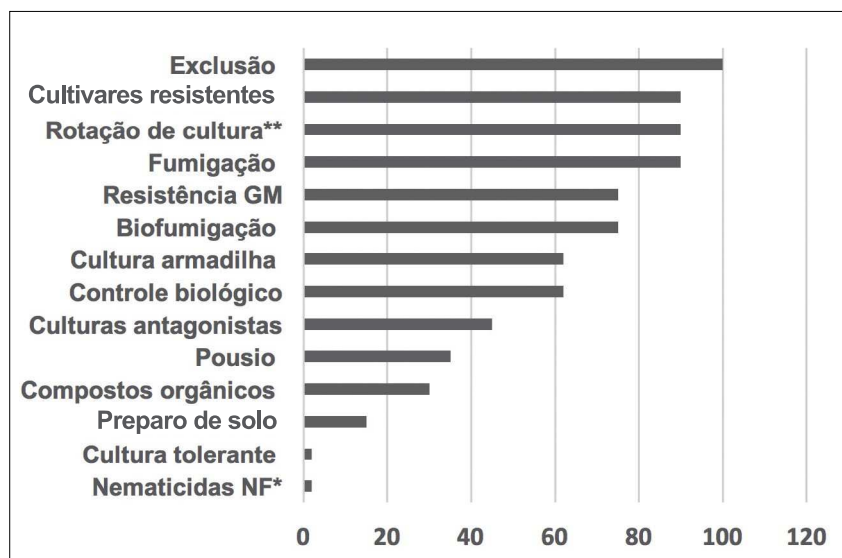


Figura 10. Estimativa do nível máximo de controle (%) de fitonematoides, de acordo com práticas de manejo. *Não fumigante; **rotação com espécies não hospedeiras (Talwana *et al.*, 2015).

subsequente desenvolver-se e produzir antes de que aquela atinja o nível de dano; (b) preservar ou favorecer a ação de agentes antagonistas aos fitonematoides. De acordo com Rodríguez-Kábana e Ivey (1986), uma boa rotação de culturas com espécie não hospedeira em área infestada pode reduzir drasticamente a população de nematoides e aumentar a produção da cultura.

A eficiência da rotação na diminuição da população de nematoides e dos danos causados às culturas comerciais depende principalmente dos seguintes fatores: a precisão da identificação e da quantificação das espécies de nematoides na área; a “hospedabilidade” da cultura usada na rotação ao nematoide alvo de controle; a habilidade do nematoide em sobreviver na ausência do hospedeiro; a presença de hospedeiro alternativo na área, como plantas daninhas ou tigueras, e a viabilidade econômica/operacional da implantação do sistema (Halbrendt & LaMondia, 2004). De forma resumida no *Quadro 1* e também no *Capítulo 7* deste livro, são apresentadas as reações de diferentes culturas aos principais nematoides parasitas do algodoeiro.

A escolha da cultura a ser utilizada em rotação muitas vezes se dá em função de fatores de mercado, visando a maximização da renda-

Quadro 1. Reação de culturas selecionadas aos principais nematoides do algodoeiro.

Cultura	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Pratylenchus brachyurus</i>
Soja			
Feijão-comum			
Milho			
Sorgo			
Arroz			
Cana-de-açúcar			
Milheto			
Braquiárias			
<i>Panicum maximum</i>			
Amendoim			
Mamona			SI**
Capim-sudão			
Girassol			
<i>Crotalaria spectabilis</i>			
<i>Crotalaria juncea</i>			
Feijoeiro-guandu			
Mucuna-preta			
Nabo-forrageiro			

***VERMELHO** indica que a cultura multiplica intensamente o nematoide (cultura boa hospedeira);

***AZUL** indica que a cultura multiplica pouco o nematoide (má hospedeira);

***VERDE** indica que a cultura não multiplica o nematoide (cultura não hospedeira);

***LARANJA** indica plantas que apresentam reação variável (Inomoto, 2006; Inomoto & Asmus, 2010).

**Sem informação consistente.

bilidade do sistema. Há inúmeros trabalhos em diferentes culturas mostrando o declínio da produtividade em função da utilização de monocultivo por vários anos consecutivos. Nesses sistemas, há seleção e aumento populacional de patógenos, principalmente os vinculados ao solo com baixa capacidade própria de dispersão, como nematoides e fungos patogênicos. Esse ambiente favorece ainda a seleção natural de populações de patógenos mais virulentas. Ou-

tros fatores também estão interligados com a menor diversidade de cultivo em esquema de monocultivo, como pressão de plantas infestantes selecionadas naquele ambiente, redução da população de microrganismos benéficos na rizosfera, seleção de pragas, alelopatia, erosão das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como perda de nutrientes, compactação, diminuição do teor de matéria orgânica e da diversidade de microrganismos, mudança na estrutura, capacidade de retenção de água (*Figura 11*).

A rotação de culturas com plantas não hospedeiras é uma es-

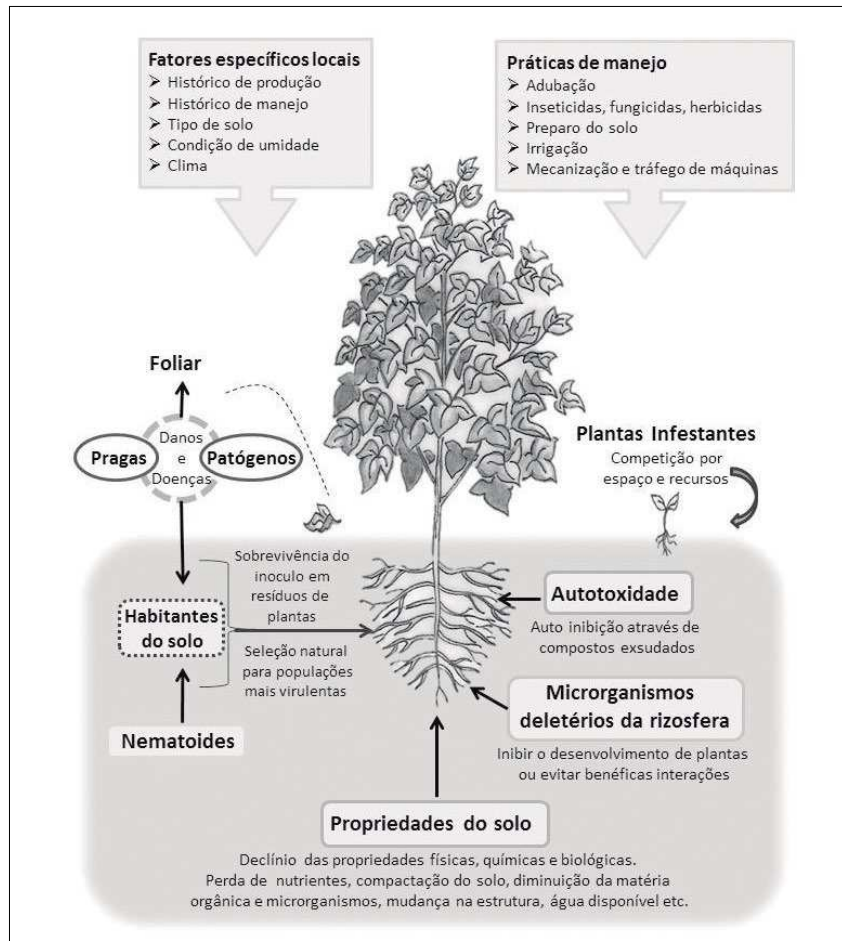


Figura 11. Fatores bióticos e abióticos que atuam para a diminuição de produção em sistemas em monocultivo ou rotação curta (adaptado de Bennett *et al.*, 2012).

estratégia eficiente de manejo de nematoides. A população do parasita diminui progressivamente, chegando a números efetivamente baixos, principalmente por conta da ausência de plantas hospedeiras para sua alimentação/multiplicação. O manejo pode alterar também a comunidade microbiana e criar condição supressiva para nematoides parasitas. No entanto, dependendo dos sistemas utilizados, pode ainda desfavorecer a sobrevivência de nematoides/microrganismos antagônicos aos nematoides alvos de controle (Timper, 2014), o que tem de ser levado em consideração na escolha do sistema, além de sua variação (rotação) no tempo (Nusbaum & Ferris, 1973).

Biljon *et al.* (2015), valendo-se diferentes esquemas de rotação bianual com gergelim, aveia, crotalaria (*C. juncea*) e crambe, observaram diminuição da população de *M. incognita* raça 4 e aumento da produtividade de algodão. Galbieri *et al.* (2011) constataram que com apenas um ano de rotação com *Crotalaria spectabilis* também houve diminuição drástica na população de *M. incognita* raça 3 e aumento de produtividade de algodão cultivado subsequentemente. Ao avaliarem diferentes esquemas de rotação, Kirkpatrick e Sasser (1984) relataram grande benefício, em termos de diminuição de população de nematoides e produtividade, com a utilização de dois anos de amendoim e, depois, com a retomada do plantio do algodoeiro em áreas infestadas com *M. incognita*.

Em área infestada com *R. reniformis* (Pi: 949 espécimes por 200 cm³ de solo) no Estado de Mato Grosso do Sul, foram testados diferentes sistemas de rotação envolvendo soja resistente, soja suscetível, milho e capim-braquiária (*Brachiaria ruziziensis*), em um e dois anos de rotação, comparando com o monocultivo do algodoeiro. Asmus e Richetti (2010) concluíram que a rotação anual ou bianual com milho, capim-braquiária ou soja resistente reduziu a densidade populacional do nematoide no solo e proporcionou aumento de produtividade do algodoeiro cultivado subsequentemente, inclusive com vantagens econômicas em comparação ao monocultivo da cultura, principalmente no esquema de rotação bianual com capim-braquiária. Outro trabalho, na mesma região, mostrou os benefícios da utilização de *Crotalaria ochroleuca* ou milho no verão na redução da densidade populacional de *R. reniformis* em comparação ao monocultivo da soja (Leandro & Asmus, 2015).

Davis *et al.* (2003) compararam o monocultivo do algodoeiro

com dois esquemas de rotação anual, em área infestada com *R. reniformis*, sendo um com milho e outro com soja resistente. Concluíram que, com apenas um ano de rotação com as culturas indicadas, a produtividade do algodoeiro foi significativamente superior e as rotações resultaram em menores densidades populacionais do nematoide. Porém, os efeitos na população passaram a ser imperceptíveis durante a estação de crescimento do algodoeiro plantado na sequência. Isso demonstra a necessidade de a rotação de cultura fazer parte do manejo de forma constante ao longo do tempo, para garantir a estabilidade da produção em áreas infestadas. Em experimentos semelhantes, porém usando somente o milho durante um ou dois anos, Stetina *et al.* (2007) relataram que a rotação por dois anos com milho proporcionou produtividade maior e densidade populacional menor na cultura do algodoeiro subsequente. Com apenas um ano de rotação, a produtividade foi superior, mas a população do nematoide voltou a ficar acima do nível de dano ao final do ciclo do algodoeiro.

Leach e Agudelo (2012) também constataram redução da população de *R. reniformis* em esquema de rotação com milho ou soja resistente com a cultura do algodoeiro. Além disso, verificaram o efeito das rotações na estrutura populacional do nematoide, havendo variação de acordo com o esquema utilizado, com efeito maior quando a cultura da soja foi envolvida. Os autores informam a importância de variar o esquema de rotação utilizado em áreas infestadas para minimizar a pressão de seleção de população capaz de suplantar a resistência genética dos genótipos utilizados. De acordo com Nusbaum e Ferris (1973), o sistema de produção pode exercer uma pressão de seleção sobre nematoides e permitir que se atinjam densidades populacionais capazes de quebrar a resistência de genótipos, diminuindo a eficiência do sistema. A combinação da utilização de rotação de cultura com outros métodos de controle mostra-se mais eficiente e economicamente viável dentro do sistema de cultivo (Barker, 1991).

Em síntese, após o diagnóstico da presença de fitonematoides importantes em áreas de cultivo do algodoeiro, devem ser adotados esquemas de rotação de culturas com espécies não hospedeiras ao alvo de controle, prática imprescindível para a sustentabilidade do cultivo do algodoeiro. A resistência genética pode ser explorada nesses esquemas de rotação, uma vez que há va-

riabilidade importante dentro do algodoeiro, e, principalmente, na cultura da soja, que pode orientar a escolha de cultivares para uso em áreas infestadas. A seguir, serão abordados sucintamente, e de forma separada, alguns aspectos dessa variabilidade para os nematoides que são comuns às duas culturas.

4.1 Cultura do algodoeiro

Os aspectos gerais sobre resistência e tolerância do algodoeiro a *M. incognita* e *R. reniformis* foram abordados no *Capítulo 5* deste livro e envolveram revisão geral sobre o assunto. Houve grande evolução na busca de resistência do algodoeiro aos nematoides, sobretudo com a utilização de marcadores moleculares para auxílio na incorporação de diferentes genes fontes de resistência já caracterizados para esses dois nematoides. No entanto, o objetivo aqui é somente descrever, do ponto de vista prático, a atual situação da resistência genética do algodoeiro a nematoides no Brasil.

Na produção de algodão no Cerrado brasileiro, historicamente são utilizadas poucas cultivares em áreas extensas. Por exemplo, no Estado de Mato Grosso, mais da metade da área é plantada com apenas uma cultivar (*Figura 12*). Isso ocorre desde o início da produção de algodão nas condições do Cerrado, o que é natural quando uma cultivar atinge o potencial demandado naquele momento para a produção e seus atributos são divulgados e incorporados por técnicos responsáveis pela produção.

Analisando somente a questão nematológica, o comportamento dessa cultivar (a mais plantada) em termos de suscetibilidade ou tolerância tem grande impacto em todo o sistema produtivo, uma vez que a ocorrência de nematoides é generalizada.

O aumento do potencial produtivo do algodoeiro é o maior objetivo dos programas de melhoramento, a ser atingido com a seleção de genótipos mais responsivos em condições ideais de produção, normalmente áreas com ausência ou níveis baixos de fitonematoides. No entanto, de acordo com Davis e May (2005), com o aumento do potencial produtivo de um genótipo, eleva-se também a supressão da produção causada por *M. incognita*, ou seja, a porcentagem de dano causada pelo nematoide aumenta linearmente com o potencial produtivo do genótipo. Com isso, os autores demonstraram que, com o passar do tempo, houve ga-

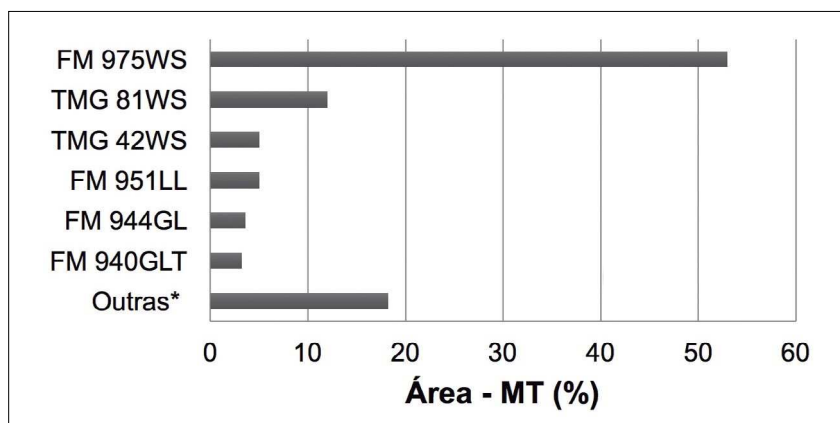


Figura 12. Média de distribuição de áreas com cultivares de algodoeiro entre as safras 2013/14 e 2014/15. Dados obtidos em 637 talhões. *Outras: IMA 5675B2RF, FM 951LL, TMG 82WS, TMG 41WS, FM 982GL, DP 1228BGRF, DP 555BGRR, FM 910, FM 913GLT.

nhos expressivos em termos de potencial produtivo da cultura, mas, consequentemente, os danos à produção relacionados a nematoides também aumentaram.

A utilização de cultivares superiores de algodoeiro com resistência/tolerância genética ao nematoide-das-galhas é a estratégia mais eficiente e de fácil implementação (Cia & Salgado, 2005; Inomoto, 2006; Galbieri *et al.*, 2009). A resistência é a capacidade da planta em suprimir a multiplicação do nematoide (Cook & Evans, 1987). Ao contrário de nematicidas, a resistência da planta diminui a população do nematoide durante todo o ciclo da cultura e propicia diminuição de espécimes do patógeno para o plantio de cultura suscetível subsequente, além de não gerar resíduos (Trudgill, 1991).

Por muito tempo, o maior obstáculo para o desenvolvimento de cultivares altamente resistentes relacionava-se à falta de um método rápido e eficiente para a seleção de genótipos em programa de melhoramento, uma vez que a avaliação da resistência baseava-se unicamente na medição da reprodução do nematoide (Trudgill, 1991). Com a descoberta de marcadores moleculares ligados a genes de resistência, programas de melhoramento começaram a dar mais ênfase ao desenvolvimento de genótipos resistentes (Roberts & Ulloa, 2010).

A cultivar Auburn 623 foi o primeiro germoplasma de algodoeiro com alto nível de resistência a *M. incognita*. Foi desenvolvida na década de 1960, nos Estados Unidos, e liberada para plantio dez anos depois; ela se originou do cruzamento de genótipos moderadamente resistentes (Shepherd, 1974). Nos programas de melhoramento, essa resistência vem sendo incorporada basicamente por meio de retrocruzamentos com o uso do doador com genes de resistência em uma linhagem suscetível com características desejáveis (Roberts & Ulloa, 2010). A utilização de marcadores nesse processo aumentará a eficiência e a rapidez na obtenção de cultivares desejáveis (Gutiérrez *et al.*, 2010). Em médio prazo, haverá cultivares disponíveis para plantio no Brasil.

A tolerância a nematoides é a capacidade da planta em tolerar o ataque do parasita e manter sua produtividade. O uso de cultivares tolerantes constitui medida eficiente para viabilizar a cultura na presença desses organismos. De fato, ainda que tais cultivares não impeçam, como os genótipos resistentes, a multiplicação dos nematoides (Cook & Evans, 1987; Carneiro *et al.*, 2005), elas podem, pelo menos, tornar mínimos os danos às plantas e as perdas na produção (Galbieri *et al.*, 2009).

Sabe-se que há variabilidade para tolerância entre as cultivares disponíveis no Brasil (Galbieri *et al.*, 2009); com relação à resistência a *M. incognita* em algodoeiro, não há cultivares com o relato dessa característica disponível para plantio no país. Há poucos cultivares com comportamento de resistência moderada e a grande maioria é efetivamente suscetível. Programas de melhoramento genético públicos e privados estão trabalhando para, em curto-médio prazo, lançar cultivares com genes de resistência incorporados associados a eventos transgênicos de interesse do produtor com adaptação para o Cerrado brasileiro.

Como relatado, há variabilidade na tolerância do algodoeiro ao nematoide-das-galhas passível de ser explorada no campo. Convém lembrar que o cultivo de culturas tolerantes prioriza a produtividade em áreas infestadas e não a redução da população de nematoides. Assim, não é um método de controle (*Figura 10*). Exemplo de variação da produtividade de algodoeiro em áreas infestadas com *M. incognita* em Primavera do Leste/MT pode ser visto na *Tabela 1*.

É possível observar que a escolha de determinada cultivar

Tabela 1. Comportamento de cultivares de algodoeiro em área com *M. incognita* em condição natural de campo (Primavera do Leste/MT), no ano agrícola de 2014/15*

Cultivares	Espécimes ⁽¹⁾		Produção ⁽²⁾	
BRS 368RF	6.448	b ⁽³⁾	1.336	a ⁽³⁾
BRS 369RF	8.848	c	1.267	b
BRS 371RF	7.536	c	1.594	a
BRS 372	9.168	c	885	b
DP 1227BGRF	11.008	c	1.203	b
DP 1228BGRF	6.640	b	970	b
DP 1240BGRF	5.664	b	1.077	b
FM 913GLT	5.280	b	1.117	b
FM 940GLT	4.656	b	1.132	b
FM 944GL	5.376	b	1.145	b
FM 966LL	8.912	c	758	b
FM 975WS	10.128	c	1.580	a
FM 980GLT	9.536	c	1.386	a
FM 982GL	7.960	c	1.432	a
IAC 26RMD	1.360	a	1.914	a
IMA 2106GL	4.976	b	1.625	a
IMA 8405GLT	7.480	c	1.379	a
IMA 5675B2RF	4.008	b	956	b
TMG 11WS	8.320	c	688	b
TMG 41WS	7.504	c	1.150	b
TMG 42WS	8.552	c	1.153	b
TMG 43WS	8.688	c	1.016	b
TMG 81WS	5.248	b	1.609	a
TMG 82WS	8.240	c	1.267	b

(1) Número de espécimes de *M. incognita* por 200 cm³ de solo. Amostragem cem dias após o plantio.

(2) kg de fibra por ha.

(3) Teste de Scott & Knott, a 5% de significância.

*Experimento com seis repetições. Cada parcela, duas linhas (esp. 0,90 m) de 7 m de comprimento.

pode condicionar a produção em áreas infestadas. Mesmo não havendo genótipos resistentes, é possível verificar variação na população do nematoide em função da cultivar utilizada. Por exemplo, a cultivar IAC 26 RMD teve um índice populacional 87% inferior a FM 975WS, mesmo sendo considerada moderadamente resistente ao nematoide.

Com o objetivo de estudar o efeito cumulativo da utilização de cultivares moderadamente resistentes na população de *M. incognita* em condições de campo durante três anos, Davis e Kemerait (2009) demonstraram redução na densidade populacional e nos danos causados pelo nematoide com o uso dessas cultivares já nos primeiros anos, em comparação a genótipos suscetíveis. Os valores foram semelhantes aos obtidos com a utilização de genótipo resistente, porém, ainda de acordo com os autores, a rotação com genótipos moderadamente resistentes, associada a outros métodos de manejo, minimiza a pressão de seleção de população de nematoide comparativamente com a utilização contínua de genótipos resistentes.

Atualmente, a cultivar de algodoeiro mais utilizada no Brasil apresenta alto potencial produtivo e boa qualidade de fibra, porém tem alta suscetibilidade ao nematoide-das-galhas. Como desde 2011 a cultivar vem sendo utilizada massivamente, chegando a mais de 60% da área em 2013, é provável que tenha havido aumento na população do nematoide no período. Anteriormente a esse período (2006-2010), as cultivares que predominavam eram as convencionais, como a FM 701 e a FM 993, genótipos com o nível de resistência superior à cultivar citada anteriormente (Galbieri *et al.*, 2009; Asmus *et al.*, 2015). Nos últimos anos, houve grande demanda de cultivares transgênicas por parte dos produtores, para viabilizar o controle de plantas daninhas e insetos. Assim, programas de melhoramento genético tiveram de priorizar a introgressão desses eventos transgênicos, deixando, momentaneamente, a questão de resistência ou tolerância de plantas a nematoides para um segundo momento. No entanto, levando em consideração o quadro atual, a resistência/tolerância a nematoides passa a ser prioridade dentro dos programas de melhoramento no Brasil.

Para *Rotylenchulus reniformis*, a situação da disponibilidade

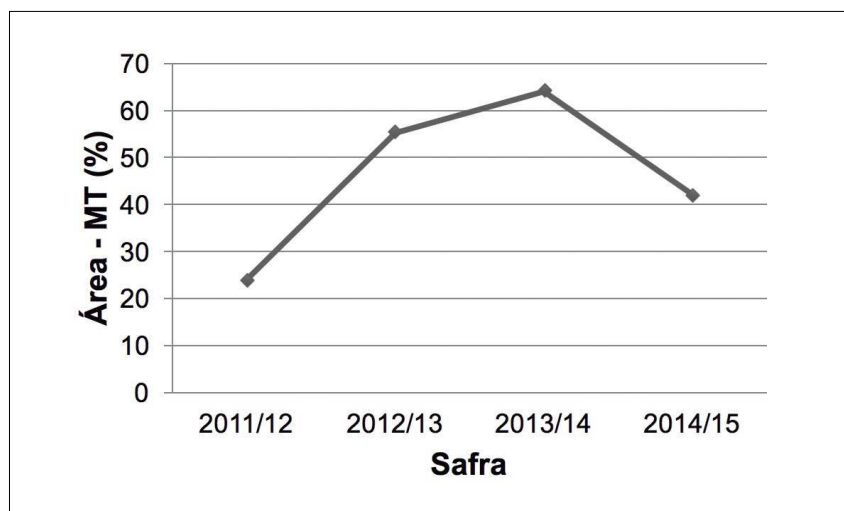


Figura 13. Distribuição de área plantada com a cultivar de algodoeiro FM 975WS no Estado de Mato Grosso. Dados obtidos da safra 2011-2014, em 1.799 talhões amostrados no Estado.

de de cultivares resistentes é ainda mais complicada, visto que todos os genótipos são suscetíveis, com uma pequena diferença para a cultivar IAC 26 RMD. Para essa espécie de nematoide, a identificação de fontes de resistência e o desenvolvimento de marcadores moleculares ficaram mais atrasados, e os programas no Brasil poderão ter genótipos resistentes em médio prazo.

É possível ver diferenças que podem ser exploradas no comportamento de cultivares em áreas infestadas, no sentido de melhores produtividades, mas, novamente, sem o foco na diminuição da população do nematoide no campo.

Para *Pratylenchus brachyurus*, há poucos trabalhos mostrando a reação do algodoeiro ao nematoide em condições de casa de vegetação. Alguns mostram haver variação quanto à resistência, mas não se identificaram fontes de resistência na cultura até o momento. Por outro lado, o algodoeiro mostra boa tolerância; é preciso um alto índice populacional do nematoide para causar danos consideráveis à cultura (Inomoto *et al.*, 2001; Machado *et al.*, 2006; Machado *et al.*, 2007).

Tabela 2. Comportamento de cultivares de algodoeiro em área com *Rotylenchulus reniformis* em condição natural de campo (Pedra Preta/MT), no ano agrícola de 2014/15.

Cultivares	Espécimes ⁽¹⁾		Produção ⁽²⁾	
BRS 368RF	2.040	b ⁽³⁾	1.539	a ⁽³⁾
BRS 369RF	2.312	b	1.446	c
BRS 371RF	3.152	b	1.066	d
BRS 372	2.732	b	1.309	c
DP 1227BGRF	3.040	b	1.200	c
DP 1228BGRF	2.756	b	1.391	c
DP 1240BGRF	2.168	b	1.272	c
FM 913GLT	2.464	b	1.209	c
FM 940GLT	2.440	b	1.314	c
FM 944GL	2.088	b	1.537	b
FM 966LL	2.208	b	908	d
FM 975WS	2.560	b	1.593	b
FM 980GLT	2.168	b	1.554	b
FM 982GL	2.080	b	1.937	a
IAC 26RMD	1.030	a	1.709	b
IMA 2106GL	2.196	b	1.817	a
IMA 8405GLT	1.720	b	1.806	a
IMA 5675B2RF	2.696	b	1.018	d
TMG 11WS	2.328	b	1.340	c
TMG 41WS	2.952	b	1.035	d
TMG 42WS	3.648	b	1.065	d
TMG 43WS	2.472	b	881	d
TMG 81WS	1.973	b	1.992	a
TMG 82WS	1.720	b	1.972	a

(1) Número de espécimes de *R. reniformis* por 200 cm³ de solo. Amostragem cem dias após o plantio.

(2) kg de fibra por ha.

(3) Teste de Scott & Knott, a 5% de significância.

*Experimento com seis repetições. Cada parcela, duas linhas (esp. 0,9 m) de 7 m de comprimento.

4.2 Cultura da soja

Se considerado o esquema de sucessão de culturas do qual a soja faça parte, é muito importante usar a resistência genética, quando houver disponibilidade, para reduzir a população do nematoide. Exemplo prático foi demonstrado por Inomoto *et al.* (2011) em áreas infestadas com *M. incognita* em diferentes esquemas de sucessão em pivô de irrigação no Oeste da Bahia, mostrando que “a resistência genética como componente do manejo mostrou-se válido para o binômio soja/*M. incognita*”.

O principal método de manejo de nematoide em áreas infestadas envolve o uso de variedades de soja resistentes; na ausência destas, procede-se à busca por genótipos com resistência ou tolerância geneticamente condicionados. Trata-se de um processo que se inicia pela prospecção de acessos em bancos de germoplasma, envolvendo ensaios com inoculações de nematoides em condições controladas, determinação do controle genético e incorporação da característica em variedades que estarão disponíveis aos produtores. Esse processo é executado por instituições de pesquisa, universidades e empresas de melhoramento.

No Brasil, os primeiros relatos de resistência da soja aos nematoides-das-galhas são da década de 1950. Desde então, os programas de melhoramento buscam fontes de resistência para introduzi-las em variedades comerciais (Silva, 2001; Dias *et al.*, 2009). As variedades frequentemente utilizadas como fontes de resistência a *M. incognita* são MG/BR-46 (Conquista) e CD 201, que possuem resistência genética originária da variedade norte-americana Bragg (Silva, 2001).

A resistência condicionada por Bragg proporciona redução no número de galhas e supostamente está sob controle de poucos genes. Estudos de herança desenvolvidos a partir do cruzamento das variedades Forrest e CD 201 (descendentes de Bragg) com variedades suscetíveis indicaram que um gene (*Rmi1*) de efeito maior determina a resistência e está localizado no cromossomo 10 do genoma da soja (Luzzi *et al.*, 1994; Oliveira *et al.*, 2015).

O uso de marcadores moleculares do tipo microssatélites (Simple Sequence Repeats - SSR) permite selecionar linhagens portadoras do gene *Rmi1*. Atribui-se aos marcadores Satt358 e Satt492 eficácia para seleção de linhagens resistentes (Li *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2015; Pham *et al.*, 2013).

Nos bancos de germoplasma de soja, existem outras fontes de resistência já caracterizadas e passíveis de exploração imediata. Li *et al.* (2001) referem-se ao acesso PI 96354 como mais resistente que Forrest (similar a Bragg em resistência) em relação ao número de galhas por planta. Em ensaio de casa de vegetação, a diferença entre médias de galhas dos acessos foi significativa, aproximadamente cinco galhas por planta. O acesso Forrest foi considerado moderadamente resistente em comparação a PI 96354, por conta da presença de um gene de efeito menor, localizado no cromossomo 18 desse acesso. Esse gene pode ser selecionado com os marcadores Satt012 e Satt505.

O acesso PI 567516C também é candidato a ser usado no melhoramento, pois tem resistência a *Heterodera glycines*, *M. incognita* e *R. reniformis*. Três regiões genômicas localizadas nos cromossomos 10, 13 e 17 estão associadas à resistência do acesso apenas a *M. incognita*. Da mesma forma que Forrest e PI 96354, o gene de efeito maior está localizado no cromossomo 10. Os marcadores Satt487, BARC-030899-06963 e BARC-028485-05923 podem ser utilizados para seleção de linhagens resistentes (Jiao *et al.*, 2015).

Descrições detalhadas da reação das variedades podem ser encontradas em publicações regulares de “Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil” (Embrapa, 2013).

Assim como para *M. incognita*, também há fontes de resistência a *R. reniformis*, principalmente as cultivares norte-americanas Forrest e Custer. No Brasil, as cultivares de referência são M-SOY 8001 e CD 201, com os menores fatores de reprodução de *R. reniformis* (Asmus, 2008). Melo *et al.* (2013) sugerem as variedades brasileiras BRSGO Ipameri, BRSM T Pintado e BRS 262 como fontes de resistência a serem utilizadas em programas de melhoramento.

Geralmente, as cultivares resistentes a *H. glycines* também apresentam resistência a *R. reniformis*, por conta da presença de genes ligados; essa ligação entre genes não se verifica em variedades resistentes derivadas de PI 88788 (Asmus, 2008). A herança da resistência a *R. reniformis* foi relatada como sendo condicionada por poucos genes com interação epistática. No acesso PI 437654 (resistente), identificou-se um gene de efeito maior no cromossomo 19 e dois genes de efeito menor nos cromossomos 11

e 18. Nas variedades Forrest e Custer, a resistência também pode ser controlada por mais de dois genes (Ha *et al.*, 2007; Cardoso *et al.*, 2014).

A seleção da resistência de PI 437654 pode ser efetuada com o auxílio dos marcadores Sat_184 e Satt513 (cromossomo 19), Satt359 (cromossomo 11) e Sat_168 (cromossomo 18) (Ha *et al.*, 2007). Jiao *et al.* (2015) também identificaram os marcadores BARC-021459-04106 e BARC-012237-01756 nos cromossomos 11 e 18, próximo aos genes de resistência do acesso PI 567516C.

A resistência de soja a *Pratylenchus brachyurus*, ao contrário de *R. reniformis* e *M. incognita*, não foi determinada até o momento. Estudos mostram que existe variabilidade na reação das variedades brasileiras ao nematoide, porém apenas se observa baixo fator de reprodução, o que não se configura como resistência. Algumas variedades cultivadas na região Centro-Oeste, P98C81, W 791RR e M 9144, por exemplo, apresentam baixo fator de reprodução. No entanto, resultados contrastantes observam-se em diferentes estudos, principalmente por conta da biologia do nematoide e da padronização de metodologias de avaliação (Ribeiro *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2015).

Com a incorporação de novos eventos transgênicos à soja e a não obrigatoriedade de informar a reação a nematoides na proteção de novas variedades, ainda predominam variedades comerciais suscetíveis ou com reação desconhecida aos nematoides *M. incognita*, *P. brachyurus* e *R. reniformis* (Asmus, 2008; Ribeiro *et al.*, 2010; Embrapa, 2013; Silva *et al.*, 2015).

O uso contínuo de variedades com as mesmas fontes de resistência pode acelerar a pressão de seleção de nematoides e comprometer a durabilidade da resistência. Por isso, é essencial a prospecção de novas fontes que, preferencialmente, combinem diferentes genes de resistência. Várias já foram identificadas e são utilizadas em programas de melhoramento para desenvolver linhagens com resistência combinada (ou piramidada). Os acessos PI404198B, PI438342, PI532444A e PI 567516C são fontes promissoras, resistentes a *M. incognita* e *R. reniformis*, e também possuem resistência a diversas raças de *H. glycines* (Lee *et al.*, 2015; Jiao *et al.*, 2015). Outros acessos resistentes presentes na coleção de germoplasma do USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) que ainda não tiveram a herança de sua re-

sistência estudada podem conter genes/alelos únicos, aptos a serem incorporados a novas variedades com alto nível de resistência (Shannon *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2015).

5. Considerações finais

Desde 2011, o sistema de produção predominante em áreas de cultivo de algodão no Cerrado brasileiro, mais especificamente no Estado de Mato Grosso, é a sucessão soja-algodoeiro. Nesse sistema, a utilização de rotação de culturas com espécies não hospedeiras a nematoides e a incorporação de genótipos resistentes, tanto da soja como do algodoeiro, são imprescindíveis para a sustentabilidade da produção, uma vez que as áreas com incidência de fitonematoides vêm aumentando consideravelmente (*Capítulo 2*). A utilização contínua da sucessão soja-algodoeiro, com cultivares suscetíveis, ano após ano, sem rotação de cultura em áreas infestadas, tornará, invariavelmente, o sistema insustentável com o tempo, pois as culturas são expostas a populações crescentes de nematoides e sofrerão danos consideráveis. Por fim, além da rotação e da resistência genética, outras medidas de controle, como o uso de produtos biológicos e químicos, deverão de ser implementadas de forma integrada no sistema de produção, com o objetivo de diminuir os problemas relacionados aos nematoides no Cerrado.

Referências

ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. de C.; OSAKI, M. Custo de produção e gestão operacional das fazendas. In: Belot, J.-L. (Ed.). **Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso**. IMAmt: Cuiabá, 2012. p. 18-31.

ASMUS, G. L. Reação de genótipos de soja ao nematóide reniforme. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 1, p. 069-071, 2008.

ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M.; SILVA, R. A.; GALBIERI, R. Manejo de nematoides. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Abrapa: Brasília, 2015. p. 445-483.

ASMUS, G. L.; RICHETTI, A. Rotação de culturas para o manejo do nematoide reniforme em algodoeiro. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, 55, Embrapa Agropecuária Oeste: Dourados, 2010. 26 p.

BARKER, K. R. Rotation and cropping systems for nematode control: The North Carolina Experience-Introduction. **Journal of Nematology**, 22(3):342-343, 1991.

BENNETT, A. J.; BENDING, G. D.; CHANDLER, D.; HILTON, S.; MILLS, P. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotation. **Biological Reviews**, 87:52-71, 2012.

BILJON, E. R.; DONALD, A. H. ; FOURIE, H. Population responses of plant-parasitic nematodes in selected crop rotation over five seasons in organic cotton production, **Nematopica**, 45(1):102-112, 2015.

CARDOSO, P. C.; ASMUS, G. L.; GONÇALVES, M. C.; ARIAS, C. A. A.; CARNEIRO, G. E. S. Inheritance of soybean resistance to *Rotylenchulus reniformis*. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, p. 251-258, 2014.

CARNEIRO, R. M. D. G.; NEVES, D. I.; FALCÃO, R.; PAES, N. S.; CIA, E.; GOSSI DE SÁ, M. F. Resistência de genótipos de algodoeiro a *Meloidogyne incognita* raça 3: reprodução e histopatologia. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 1-10, 2005.

CIA, E.; SALGADO, C. L. Doenças do algodoeiro (*Gossypium* spp.). In: Kimati, H.; Amorim, L.; Rezende, J. A. M.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L. E. A. (eds.). **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**, 4a Ed., v. 2, Agronômica Ceres: São Paulo, 2005. p. 41-52.

COOK, R.; EVANS, K. Resistance and tolerance. In: Brown, R. H.; Kerry, B.R. (Eds). **Principles and practice of nematode control in crops**. Academic Press: Marrickville, Austrália, 1987. p. 179-231.

DAVIS, R. F.; KEMERAIT, R. The multi-year effects of repeatedly growing cotton with moderate resistance to *Meloidogyne incognita*. **Journal of Nematology**, 41(2):140-145, 2009.

DAVIS, R. F.; MAY, O. L. Relationship between yield potential and percentage yield suppression caused by the southern Root-Knot nematode in cotton. **Crop. Sci.**, 45: 2312-2317, 2005.

DAVIS, R. F.; KOENNING, S. R.; KEMERAIT, R. C.; CUMMINGS, T. D.; SHURLEY, W. D. *Rotylenchulus reniformis* management in cotton with crop rotation. **Journal of Nematology**, 35(1):58-64, 2003.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S.; GARCIA, A.; ARIAS, C. A. A. Nematóides de cisto da soja: Biologia e Manejo pelo uso da resistência genética. **Nematologia Brasileira**, v. 33, p. 1-16, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil - 2014**. Embrapa Soja: Londrina, 2013. 265p.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds). **Manual de fitopatologia**. Agronômica Ceres: São Paulo, 1995. p. 168-201.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. **Documentos**, 327, Embrapa Soja: Londrina, 2011. 52p.

GALBIERI, R.; FUZATTO, M. G.; CIA, E.; LÜDERS, R. R.; MACHADO, A. C. Z.; BOLDT, A. F. Reação de cultivares de algodoeiro a *Meloidogyne incognita* em condições de campo e casa de vegetação no estado de Mato Grosso. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n.1, p. 18-23, 2009.

GALBIERI, R.; FUZATTO, M. G.; CIA, E.; WELTER, A. M.; FANAN, S. Desempenho de genótipos de algodoeiro na presença ou não de rotação de cultura com *Crotalaria spectabilis*, em área infestada com *Meloidogyne incognita*, **Tropical Plant Pathology**, 36(5):303-307, 2011.

GUTIÉRREZ, O. S.; JENKINS, J. N.; MCCARTY, J. C.; WUBBEN, M. J.; HAYES, R. W.; CALLAHAN, F. E. SSR markers closely associated with genes for resistance to root-knot nematode on chromosomes 11 and 14 of Upland cotton. **Theor. Appl. Genet.**, vol. 121, p. 1323- 1337, 2010.

HA, B. K.; ROBBINS, R.; HAN, F.; HUSSEY, R. S.; SOPER, J. F.; BOERMA, H. R. SSR mapping and confirmation of soybean QTL from PI 437654 conditioning resistance to reniform nematode. **Crop Science**, v. 47, p. 1336-1343, 2007.

HALBRENDT, J. M.; LaMONDIA, J. A. Crop rotation and other cultural practices. In: Chen S. X.; Chen S. Y.; Dickson, D. W. **Nematology, Advances and Perspectives, vol. 2: Nematode Management and Utilization**, Tsinghua University Press/ CAB Publishing: Pequim, China/Wallington/Cambridge, Reino Unido, 2004. p. 909-930.

HIRAKURI, M. H.; DEBIASI, H.; PROCÓPIO, S. de O.; FRANCHINI, J. C.; CASTRO, C. de. **Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Embrapa Soja: Londrina, 2012. 24 p. (Embrapa Soja. Documentos, 335). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/>

IMEA - INSTITUTO Mato-grossense DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA. **4ª Estimativa de Safra 2015/16: Algodão**. Cuiabá, 2016. Disponível em: http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R104_4a_Estimativa_de_Safra_Algodao_15-16_mar15_AO.pdf . Acesso em: 23 mar. 2016.

INOMOTO, M. M. Nematóides e seu controle. In: Moresco E. (Eds.) **Algodão - Pesquisas e Resultados para o Campo**. Vol. 2, Fundo de Apoio à Cultura do Algodão: Cuiabá, 2006. pp. 241-261.

INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Host status of graminaceous cover crops for *Pratylenchus brachyurus*. **Plant Disease**, 94(8):1022-1025, 2010.

INOMOTO, M. M.; SIQUEIRA, K. M. S.; MACHADO, A. C. Z. Sucessão de cultura sob pivô central para o controle de fitonematóides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas. **Tropical Plant Pathology**, v. 26(3):178-185, 2011.

INOMOTO, M. M.; GOULART, A. M. C.; MACHADO, A. C. Z.; MONTEIRO, A. R. Effect of population densities of *Pratylenchus brachyurus* on the growth of cotton plants. **Fitopatol. Bras.**, 26(2):192-196, 2001.

JIAO Y.; VUONG, T. D.; LIU Y.; LI Z.; NOE, J.; ROBBINS, R. T.; JOSHI, T.; XU D.; SHANNON, J. G.; NGUYEN, H. T. Identification of quantitative trait loci underlying resistance to southern root-knot and reniform nematodes in soybean accession PI 567516C. **Molecular Breeding**, v. 35, n. 131, p. 1-10, 2015.

KIRKPATRICK, T. L.; SASSER, J. N. Crop rotation and races of *Meloidogyne incognita* in cotton Root-knot Management. **Journal of Nematology**, 16(3):323-328, 1984.

KLINK, C.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, 1(1):147-155, 2005.

LEACH, M.; AGUDELO, P. Effect of crop rotations on *Rotylenchulus reniformis* population structure. **Plant Disease**, 96(1):24-29, 2012.

LEANDRO, H. M.; ASMUS, G. L. Rotação e sucessão de culturas para o manejo do nematoide reniforme em área de produção de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, 45(6):945-950, 2015.

LEE J. D.; KIM H. J.; ROBBINS, R. T.; WRATHER, J. A.; BOND, J.; NGUYEN, H. T.; SHANNON, J. G. Reaction of soybean cyst nematode resistant plant introductions to root-knot and reniform nematodes. **Plant Breeding and Biotechnology**, v. 3, n. 4, p. 346-354, 2015.

LI Z.; JAKKULA, L.; HUSSEY, R. S.; TAMULONIS, J. P.; BOERMA, H. R. SSR mapping and confirmation of the QTL from PI96354 conditioning soybean resistance to southern root-knot nematode. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 103, p. 1167-1173, 2001.

LUZZI, B. M.; BOERMA, H. R.; HUSSEY, R. S. A gene for resistance to the southern root-knot nematode in Soybean. **Journal of Heredity**, v. 85, n. 6, p. 484-486, 1994.

MACHADO, A. C. Z.; FERRAZ, L. C. B.; INOMOTO, M. Response of cotton cultivars to two brazilian population of *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Sch. Stekh. **The Journal of Cotton Science**, 11:288-292, 2007.

MACHADO, A. C. Z.; BELUTI, D. B.; SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S.; INOMOTO, M. M. Avaliação de danos causados por *Pratylenchus brachyurus* em algodoeiro. **Fitopatol. Bras.**, 31(1):11-16, 2006.

MELO, C. L. P.; SANTOS, W. R.; ASMUS, G. L. Resistance of soybean genotypes to the reniform nematode in a controlled environment. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 23-32, 2013.

NEVES, M. F.; PINTO, M. J. A. (Orgs.). **A cadeia do algodão brasileiro: safra 2012/2013 desafios e estratégias**. 2. ed. ABRAPA: Brasília, 2013. 195 p. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/institucional/DocumentosAbertos/livro_abrapa-2012-2013.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2013.

NOE, J. F. Theory and practice of the cropping systems approach to reducing nematode problems in the tropics. **Journal of Nematology**, 20(2):204-213, 1988.

NUSBAUM, C. J.; FERRIS, H. The role of cropping systems in nematode population management. **Ann. Rev. Phytopathol.**, 11:423-440, 1973.

OLIVEIRA, L. A.; VINHOLES, P.; MONTECELLI, T. D. N.; LAZZARI, F.; SCHUSTER, I. Inheritance of resistance of soybean for *Meloidogyne incognita* and identification of molecular marker for marker assisted selection. **Journal of Scientific Research & Reports**, v. 8, n. 3, p. 1-8, 2015.

PHAM, A. T.; McNALLY, K.; ABDEL-HALEEM, H.; BOERMA, R. H.; LI Z. Fine mapping and identification of candidate genes controlling the resistance to southern root-knot nematode in PI 96354. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 126, n. 7, p. 1825-1838, 2013.

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; SANTOS, J. M. Distribuição de Fitonematóides em regiões produtoras de soja do estado de Mato Grosso. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Fundação MT. n.14, p.289-296, 2010.

RIBEIRO, G. C.; NEVES, D. L.; CAMPOS, H. D.; SILVA, L. H. C. P.; SILVA, J. C. R.; NUNES, J. J. Reação de genótipos de soja ao nematoide das lesões radiculares, *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 119-119, 2007.

ROBERTS, P. A.; ULLOA, M. Introgression of Root-Knot nematode resistance into tetraploid cottons. **Crop Science**, v. 50, p. 940-951, 2010.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; IVEY, H. Crop rotation systems for the management of *Meloidogyne arenaria* in peanuts, **Nematropica**, 16:53-64, 1986.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S. Sistemas alternativos em plantio de alta performance. In: Belot, J. L. (ed): **Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso**. IMAmt/ Editora Casa da Árvore: Cuiabá, 2015. p.54-59.

SHANNON, J. G.; ARELLI, P. R.; YOUNG, L. D. Breeding for resistance and tolerance. In: SCHIMITT, D. P.; WRATHER, J. A.; RIGGS, R. D. (eds.). **Biology and management of soybean cyst nematode** 2 ed. Walsworth Publishing Company: Marceline, Estados Unidos, 2004. p. 155-180.

SHEPHERD, R. L. Transgressive segregation for root-knot nematode resistance in cotton. **Crop Sci.**, v. 14, p. 872-875, 1974.

SILVA, J. F. V. Resistência genética de soja a nematoides do gênero *Meloidogyne*. In: Silva, J. F. V. (Ed.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia: Londrina, 2001. p. 95-127.

SILVA, R. G.; SANTOS, T. F. S.; SILVA, I. C. D.; SILVA, M. B. S.; BORGES, G. A. N. Reação de genótipos de soja ao nematoide das lesões radiculares. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 187-193, 2015.

STETINA, S. R.; YOUNG, L. D.; PETTIGREW, W. T.; BRUNS, H. A. Effect of corn-cotton rotations on reniform nematode populations and crop yield. **Nematropica**, 37(2):237-248, 2007.

TALWANA, H.; SIBANDA, Z.; WANJOHI, W.; KIMENJU, W.; LUAMBANO-NYONI, N.; MASSAWE, C.; MANZANILLA-LÓPEZ, R. H.; DAVIES, W. G.; HUNT, D. J.; SIKORA, R. A.; COYNE, D. L.; GOWEN, S. R.; KERRY, B. R. Agricultural, nematology in East and Southern Africa: problems, managements strategies and stakeholder linkages. **Pest Manag. Sci.**, 72:226-245, 2015.

TECNOLOGIAS de produção de soja – região Central do Brasil 2012 e 2013. Embrapa Soja: Londrina, 2011. 261 p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, n. 15).

TIMPER, P. Conserving and enhancing biological control of nematodes. **Journal of Nematology**, 46(2):75-89, 2014.

TRUDGILL, D. L. Resistance to and tolerance of plants parasitic nematodes in plants. **Annu. Rev. Phytopathol.**, v. 29, p. 167-192, 1991.

ZANCANARO, L.; KAPPES, C. Sistemas de cultivo do algodoeiro. In: Belot, J.-L. (Ed.). **Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso**. IMAmt: Cuiabá, 2012. p. 34-37.