

Capítulo 5

Mitos e Verdades Sobre o Cultivo de Sorgo

Carlos Juliano Brant Albuquerque

Rogério Soares de Freitas

Leonardo Duarte Pimentel

Introdução

O sorgo possui grande diversidade de uso. Além da produção de grãos e forragem, vem sendo estudado para produzir etanol e cogeração de energia. O seu cultivo permite a adoção de diferentes sistemas de produção. Em algumas regiões do semiárido brasileiro, em face às restrições e irregularidades das precipitações, predomina o cultivo do sorgo forrageiro como safra principal. Já no cerrado brasileiro, o principal cultivo é feito com uso do sorgo granífero, na segunda safra ou safrinha em sucessão a soja. Assim, a cultura do sorgo propicia melhor aproveitamento do solo, formação de palhada para o plantio direto da próxima safra de verão, maior quantidade de grãos ou forragem e maior estabilidade da produção por ser tolerante à seca.

O sistema de produção do sorgo granífero predominante no cerrado Brasileiro é caracterizado pelo cultivo em sucessão de culturas na segunda safra (safrinha). Entretanto, tem-se observado que a escolha do sorgo pelo produtor varia muito em virtude

do mercado e sua semeadura só é definida após a conclusão da semeadura do milho na segunda safra. Assim, é importante destacar que o sorgo granífero é na maioria das vezes cultivado em condições marginais ao cultivo do milho, dessa forma a condição climática é determinante na elaboração dos custos de produção pois a produtividade é limitada. As áreas registradas com esse cereal no Brasil representam apenas o sorgo granífero, pois o levantamento é baseado na comercialização de grãos.

Dados fornecidos pela Conab (2018) relatam que a partir da safra 2011/12 o milho safrinha (7,62 milhões de hectares) superou seu cultivo na safra (7,56 milhões de hectares), tendo o sorgo 786,9 mil hectares. De forma geral, a cada ano ocorre uma redução de aproximadamente 164,17 mil hectares de milho cultivado no verão e o incremento de 257,95 mil hectares de milho na safrinha. O avanço da soja no cerrado como principal cultura de verão foi preponderante para redução significativa de áreas com milho na safra e consolidação dessa cultura na safrinha. No caso do sorgo, a série histórica relata incrementos médios anuais de 20,18 mil hectares por ano, entretanto esses valores são bastante variáveis tendo anos com redução e anos com acréscimo de área. Desde a safrinha 2012/13 não era observado aumento de área cultivada com esse cereal. Na safrinha 2017/18 houve incrementos em relação a 2016/18, possivelmente pelo atraso na semeadura da soja no período.

Em 2018 a região Centro-Oeste apresentou a maior área cultivada com sorgo no país Landau et al. (2013). A partir de 1994, essa região passou a se destacar em termos de área plantada e quantidade produzida de grãos, principalmente no sul do Estado de Goiás e em municípios dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul situados em altitudes maiores que 300 m.

Atualmente existem sistemas de produção bem definidos no Brasil Central onde a partir de fevereiro muitos produtores direcionam suas áreas para o cultivo desse cereal. Apesar de sua importância, ainda existem informações interpretadas sem embasamento científico e que muitas vezes geram por parte do setor produtivo desconfiança no uso do sorgo. Assim, pretende-se com essa revisão abordar alguns “mitos e desafios” sobre esse cultivo. Para isso serão apresentados aspectos relacionados aos custos de produção, alelopatia, manejo da palhada, uso em rotação e sucessão de culturas, espaçamento adensado, exportação e ciclagem de nutrientes pela planta. Essas informações são fundamentais para estabelecimento de sistemas de produção sustentáveis nos diferentes biomas do Brasil.

Caracterização e custos de produção do cultivo

Nos primeiros levantamentos (década de 70 e início da década de 80) sobre a produtividade nacional de sorgo, os dados apresentados na Figura 3 demonstram valores bem próximos aos atuais. Isso demonstra alguns ajustes no sistema de produção que foram realizados nesse cultivo onde os trabalhos eram conduzidos na safra, período de maior disponibilidade hídrica. No final da década de 80 esse cultivo começou a ser adotado como safrinha. Segundo Duarte et al. (2007) a crescente expansão da produção de soja no cerrado; a expansão do cultivo de safras de inverno (safrinha); e a expansão das áreas com uso de plantio direto foram os principais responsáveis pela evolução do sorgo no cerrado. Não existe uma ordem crescente de importância, pois os três fatores estão relacionados entre si. Assim, o plantio direto gerou oportunidades para o uso de sorgo em rotação de culturas e para produção de palhada de boa qualidade para proteção do solo. Quando o sorgo era cultivado na mesma época das

principais culturas de verão como milho e soja, apesar da maior produtividade a sua expansão era limitada. É possível visualizar na **Figura 1** uma queda na produtividade desse cereal até 1993.



Figura 1. Série histórica da produtividade de grãos para o milho safrinha e sorgo safrinha. Fonte: Conab (2018).

A partir daí o sorgo tornou-se uma realidade em sucessão ao milho ou à soja, em razão do seu desempenho em condições de estresse hídrico quando comparado a outros cultivos.

Por ser uma semeadura mais precoce quando comparado ao sorgo safrinha, a condição climática prevalecente no milho safrinha propicia maior resposta ao uso de insumos e conseqüentemente maior produtividade. Na **Figura 2** são descritos os custos de produção para cultura do milho e sorgo nos últimos anos no município de Rio Verde, GO. Em 2013/14 o custo de produção do sorgo foi 14% inferior ao milho. Após esse período o custo do sorgo foi aproximadamente 47% inferior quando comparado

ao milho. Os componentes do custo de produção relacionados a sementes e defensivos em milho favoreceu o aumento do custo, já para o sorgo isso não ocorreu.

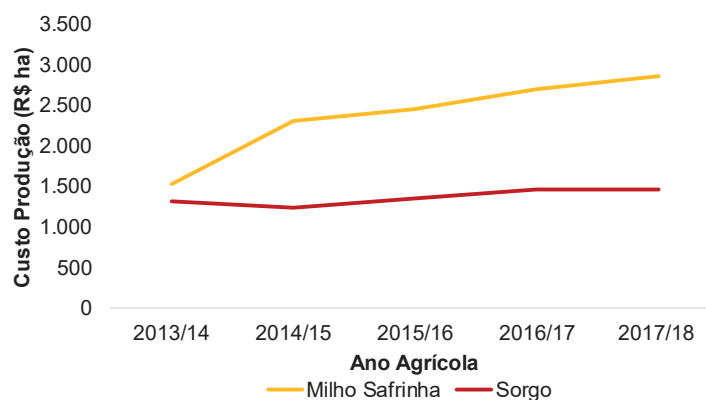


Figura 2. Custo de produção (ha) para o milho safrinha e sorgo safrinha no município de Rio Verde-GO. Fonte: Conab (2018).

Historicamente o custo da saca de sorgo é 20-25% inferior a saca de milho na maioria dos Estados produtores, exceção Minas Gerais que supera 30%, entretanto, safrinha tardia pode gerar redução considerável na produtividade do milho e reduzir a margem de lucro desse cereal favorecendo o cultivo do sorgo (Conab, 2018). Segundo Barros (2008), ao analisar a viabilidade agrônômica de híbridos de milho e sorgo em safrinha no município de Rio Verde, GO concluíram que as maiores viabilidades econômicas de milho foram obtidas até as semeaduras realizadas em 15 de fevereiro, e para o sorgo de 15 a 28 de fevereiro. Nesse trabalho foi demonstrado que a produtividade de milho decresce consideravelmente em função da semeadura mais tardia. O mesmo aconteceu com o sorgo, porém, constatou-se que a partir de fevereiro, a produtividade do sorgo foi semelhante ao

milho, demonstrando o potencial do sorgo como cultura para semeaduras a serem realizadas ao final do período chuvoso ou safrinha mais tardia.

Assim, o custo de produção do sorgo inferior ao do milho associado a produtividade similar ou até mesmo superior em plantios mais tardios tornam a semeadura do sorgo interessante, mesmo com a superioridade histórica nos preços do milho. O preço do sorgo é comumente atrelado ao preço do milho, outro aspecto importante, diz respeito à redução progressiva do plantio de milho verão (primeira safra). Em anos climáticos normais, isso tem dado suporte aos preços do grão da primeira safra (**Figura 3**), que tem como foco o mercado interno. Além disso, a alta das cotações do frete em razão do escoamento das safras recordes de soja tem encarecido os preços do cereal nesse período. Esse aspecto é relevante para expansão e oportunidade de negócio para o sorgo na primeira safra em regiões semiáridas do Brasil onde a colheita é feita nesse momento e outros cultivos são inviáveis pela restrição hídrica.

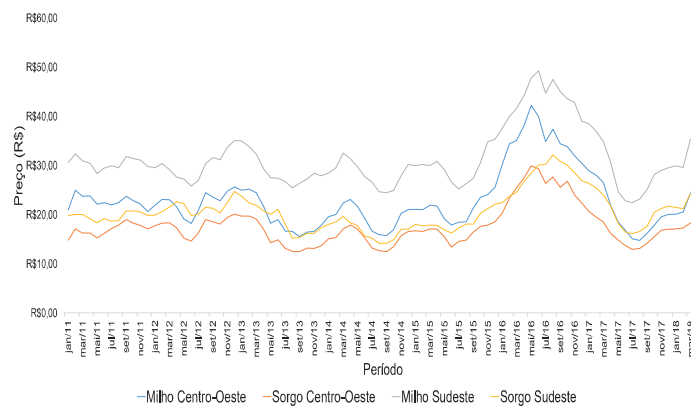


Figura 3. Série histórica dos preços do milho e do sorgo nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. Fonte: Conab (2018).

Manejo da palhada do sorgo

Alelopatia do sorgo

Alelopatia é definida como a liberação, por um dado organismo, de substâncias químicas ao ambiente, as quais interagem com outro organismo presente, inibindo ou estimulando o seu crescimento e, ou, desenvolvimento (Rice, 1984). Ainda, de acordo com o mesmo autor, a alelopatia pode ocorrer entre microrganismos e plantas, entre plantas cultivadas, entre plantas daninhas, e entre plantas daninhas e plantas cultivadas. Em geral, substâncias alelopáticas, fitotoxinas, aleloquímicos ou produtos secundários, são as denominações dadas aos compostos químicos liberados pelos organismos no ambiente, que afetam os outros componentes da comunidade.

O sorgo vem se destacando nos sistemas agrícolas praticados no Brasil pois tolera condições desfavoráveis de umidade no solo e produz grande quantidade de matéria seca com relação C/N relativamente alta (Almeida Dan et al., 2010). Além disso, o sorgo, por apresentar as maiores taxas fotossintéticas e balanço de biomassa favorável quando comparado a milho e braquiária (*Brachiaria decumbens*), é a espécie que apresenta o melhor desempenho ecofisiológico sob restrição hídrica (Sani et al., 2011; Santos et al., 2014b; Tolk et al., 2013), constituindo-se, dessa forma, em cobertura apropriada para o estabelecimento e/ou a manutenção do sistema de semeadura direta da soja (Machado et al., 2011; Magalhães et al., 2014).

Os efeitos mais conhecidos de alelopatia causados pela planta de sorgo são: redução de germinação; falta de vigor vegetativo; morte das plântulas; amarelecimento ou clorose das folhas;

redução do perfilhamento e atrofiamento ou deformação das raízes (Oliveira Júnior et al., 2015). Em sorgo, esses compostos químicos são polifenóis exsudados pelos tricomas das raízes e ou derivados na degradação da palhada do sorgo, atuando, sobretudo, como inibidores da germinação de sementes de dicotiledôneas (Uddin et al., 2014).

O sorgoleone (2-hidroxi-5-metoxi-3 - [(Z, Z) -8, 11, 14-pentadecatrieno]-benzoquinona) é uma importante substância alelopática que é produzida nas raízes de sorgo (Dayan 2006; Jabran; Farooq, 2013; Santos et al., 2012). Segundo Dayan (2006), os pelos radiculares excretam o sorgoleone na forma de gotículas oleosas. A quantidade de sorgoleone produzido pelas raízes de sorgo parece ser proporcional ao número de pelos radiculares ao invés do volume radicular ou da área de superfície, como se pensava anteriormente (Dayan, 2006).

Nesse sentido, descobertas recentes descrevem ainda oportunidades que a alelopatia em sorgo pode proporcionar no controle biológico de plantas daninhas nas lavouras (Farooq et al., 2011; Jabran et al., 2008). As **Tabelas 1 e 2** apresentam uma visão geral das substâncias químicas alelopáticas observadas em sorgo e sua atividade sobre plantas daninhas e plantas de importância econômica, respectivamente.

O etileno desempenha um papel na regulação da produção de sorgoleone nas raízes do sorgo. Condições de luz, temperatura, maior ou menor do que a ideal, ou excesso de umidade (condições hipóxicas) podem inibir o crescimento de pelos radiculares, o que causará um declínio na produção de sorgoleone em raízes de sorgo (Dayan, 2006; Yang et al., 2004). Ao mesmo tempo, as raízes das plantas de sorgo podem encapsular o sorgoleone

numa faixa aproximada de 20-40 $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco, havendo uma maior produção de sorgoleone por plantas jovens em comparação as mais velhas (Dayan et al., 2010; Uddin et al., 2010). Uma interessante revisão compilada por Dayan et al. (2010) fornece um relato detalhado sobre a descoberta, nomenclatura, atividade biológica, síntese e dinâmica no solo do sorgoleone.

Tabela 1. Aleloquímicos relatados em sorgo de diferentes partes do mundo.

Aleloquímicos	Região	Referências
Sorgoleone	EUA	Czarnota et al. (2003); Dayan (2006)
Sorgoleone	Brasil	Santos et al. (2012)
Sorgoleone	Coreia do Sul	Uddin et al. (2014)
Ácido clorogênico, m-cumárico, ácido, ácido cafeico	Paquistão	Cheema et al. (2009)
Ácido p-hidroxibenzóico, ácido p-cumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido vanílico, ácido serfídrico, p-hidroxibenzaldeído	Senegal	Sène et al. (2000)
Ácido ferúlico, ácido vanílico, ácido gálico, ácido p-cumárico, ácido siringico, ácido p-hidroxibenzóico	Iraque	Alsaadawi e Dayan (2009)
Ácido p-hidroxibenzóico	Iraque	Alsaadawi et al. (2007)

Tabela 2. Efeitos alelopáticos de sorgo em plantas daninhas e outras plantas cultivadas.

Alelo-químicos	Planta cultivada afetada	Impacto notado	Referência
Sorgoleone	A. retroflexus, E. crus-galli, Setaria viridis (L.) P.Beauv., Abutilon theophrasti Medik., Datura stramonium L., D. sanguinalis	Redução no crescimento	Einhellig e Leather (1988)
Sorgoleone	Milho, ervilha, soja	Inibição da fotossíntese e do funcionamento mitocondrial	Einhellig e Leather (1988); Rasmussen et al. (1992)
Sorgoleone	Soja e milho	Decréscimo na absorção de água e na atividade da bomba H ⁺ ATPase nas raízes	Hejl e Koster (2004)

Áreas cultivadas com sorgo apresentam grande quantidade de material vegetal após a colheita. Esta palhada deixada sobre o solo pode ser utilizada eficientemente no controle de plantas

daninhas, sobretudo quando das estratégias do plantio direto e do cultivo mínimo (**Tabela 3**).

Tabela 3. Efeitos de cobertura morta com palhada de sorgo sobre o desenvolvimento de plantas daninhas.

Região	Qtd. De palhada (ton ha ⁻¹)	Plantas daninhas suprimidas	Controle (%)	Referências
Brasil	1,3	Brachiaria plantaginea (Link) Hitchc.; Sida rhombifolia L.	~50	Trezzi e Vidal (2004)
Paquistão	(10 - 15)	C. rotundus	26–37	Cheema et al. (2004)
Paquistão	12	T. portulacastrum	~60	Khaliq et al. (2011)

Formação de palha e dessecação

Destacam-se três fatores importantes para o desenvolvimento da área de sorgo no cerrado (Duarte et al., 2007). O primeiro fator foi a crescente expansão da produção de soja; o segundo foi a expansão do cultivo de safras de inverno (safrinha) e o terceiro a expansão das áreas com uso de plantio direto. Não existe uma ordem crescente de importância, pois os três fatores estão relacionados entre si. Assim, o plantio direto gerou oportunidades para o uso de sorgo em rotação de culturas e para produção de palhada de boa qualidade para proteção do solo. O sorgo granífero é um grande componente dos sistemas de produção intensiva em áreas do cerrado. Na **Figura 4** pode-se observar o

desenvolvimento da cultura em áreas de safrinha sob plantio no cerrado de Minas Gerais.



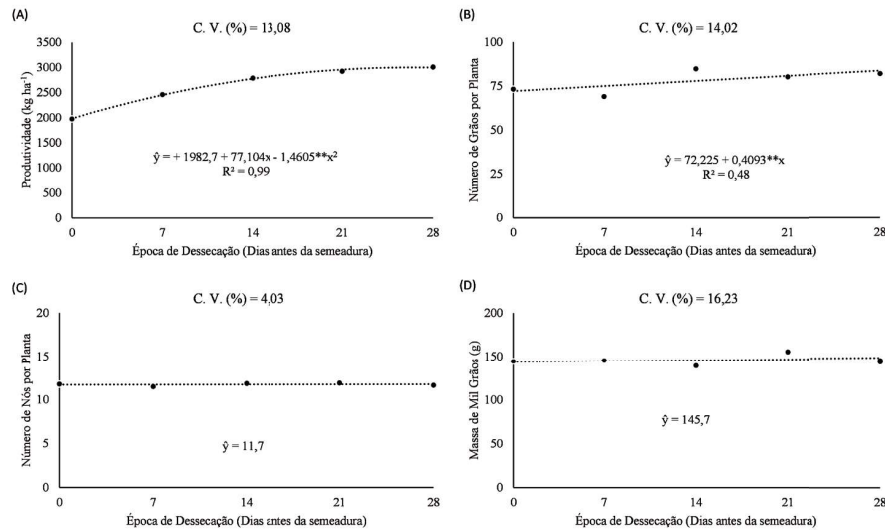
Figura 4. Lavouras de sorgo granífero em diferentes estádios de desenvolvimento semeado na safrinha sob plantio direto no município de Patos de Minas, MG. Fotos: Carlos Juliano Brant Albuquerque

O sorgo é um dos principais cereais cultivados no mundo, além de ser boa alternativa em regiões com deficiência hídrica, podendo ser cultivado solteiro ou em consórcio com outras forrageiras. Essa cultura pode se adaptar a vários ambientes e produzir razoavelmente bem sob condições desfavoráveis, e tem-se tornado uma alternativa para alimentação animal no Brasil e até mesmo na alimentação humana na Ásia e África. Além disso, o sorgo produz grande quantidade de palhada e com elevada relação C/N, o que é uma característica fundamental para a prática de semeadura direta em regiões quentes, em que a lenta decomposição da palha é desejada (Albuquerque et al., 2013a). Isso permite menor velocidade de decomposição, protegendo o solo por mais tempo contra a erosão e reduzindo a evaporação da água dele e, além disso, aumenta a eficiência da ciclagem de nutrientes (**Figura 5**).

Para eliminar o efeito alelopático do sorgo sobre a soja foi desenvolvida pesquisa por Freitas e Albuquerque (2018) no IAC envolvendo diferentes épocas de dessecação da rebrota do sorgo para semeadura da soja (0, 7, 14, 21, 28 dias após dessecação). Nesse trabalho foi observado que a maioria dos componentes de produção não foram afetados quando a semeadura ocorreu após os 14 dias de dessecação (Figura 6). Demuner et al. (2005) concluíram que o tempo de meia-vida da sorgoleona é 10 dias, o que classifica essa substância como não persistente. Assim sendo, o efeito fitotóxico reduz consideravelmente após este período.



Figura 5. Rebrota e palhada formada pelo sorgo granífero 60 dias após a colheita da safrinha no município de Araguari, MG. (Fotos: Carlos Juliano Brant Albuquerque)



*Letras minúsculas nas colunas em cada característica não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de produtividade.

Figura 6. Número de nós por planta; número de grãos por planta, massa de mil sementes e produtividade de grãos de soja semeadas em diferentes épocas após dessecação do sorgo. Fonte: Freitas e Albuquerque (2018).

Além da alelopatia, outra questão importante no manejo da palhada diz respeito a alta relação C/N do sorgo. Vários autores ao comparar a relação C/N do milho, sorgo e milheto para cobertura de solo concluíram que o sorgo tem maior relação C/N, principalmente quando mais tardiamente for o corte (Calvo et al., 2010; Silva et al., 2009). De acordo com Moreira e Siqueira (2002), na presença de fitomassa com concentração de N alta e, conseqüentemente, relação C/N baixa, como das leguminosas de maneira geral, a demanda por N dos microrganismos no processo de decomposição é satisfeita rapidamente, e o N em

excesso passa a ser liberado rapidamente no solo. Por outro lado, se a concentração de N dos resíduos vegetais for baixa (relação C/N alta), a quantidade de N mineralizado não é suficiente para atender a demanda dos microrganismos, os quais passam a imobilizar o N mineral disponível no solo, comprometendo a nutrição nitrogenada das lavouras. No que diz respeito à manutenção da palhada para viabilizar o sistema plantio direto, geralmente, plantas com alta relação C/N são fundamentais para aumentar a persistência da cobertura do solo ao longo do tempo (Andreola et al., 2000). Sendo assim, com o avanço da degradação da palhada em função das primeiras dessecações do sorgo, possivelmente ocorreu aumento da disponibilidade do nitrogênio do solo para a soja com conseqüente incrementos nos componentes de produção (**Figura 6**).

O sorgo em consórcio com forrageiras também propicia maior cobertura de solo para formação de palhada. Experimentos envolvendo consórcio de sorgo com forrageiras em condições marginais de cultivo demonstraram o potencial produtivo da cultura nas regiões do semiárido e safrinha (Albuquerque et al., 2013c, 2011). Entretanto, o produtor deve ficar atento a falta de água na ocasião da semeadura, bem como fertilidade do solo. Apesar de o sorgo ser considerado tolerante a seca, a falta de água na primeira fase de crescimento, que vai do plantio até a iniciação da panícula pode trazer prejuízos na germinação, emergência e estabelecimento da plântula. O mesmo dano também pode ser extrapolado para a forragem em consórcio, entretanto com perdas mais significativas pois conforme destacado posteriormente neste capítulo as sementes das forrageiras são semeadas misturadas ao adubo de cobertura exigindo uma rápida germinação pela possibilidade da morte do embrião pelo sal existente nos adubos formulados.

A maior capacidade de extrair água do solo e maior eficiência na sua utilização apresentada pelo sorgo pode ser atribuída a maior taxa de exploração de volume de solo pelo sistema radicular e características morfológicas e fisiológicas da planta. Esses caracteres e rotas fotossintéticas torna essa planta altamente competitiva pelos recursos do ambiente.

Experimentos envolvendo espaçamentos e populações de plantas para o consórcio do sorgo com diferentes espécies de braquiárias foram implantados na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais com o intuito de atenuar a competição entre as espécies (Albuquerque et al., 2011). Esses autores demonstraram que as produtividades foram superiores nos menores espaçamentos (40 a 50cm) e populações até 140 mil plantas ha⁻¹, entretanto a competição só foi reduzida quando a semeadura da forragem em consórcio foi feita a lanço na ocasião da semeadura do sorgo ou misturado em cobertura a adubação do sorgo (Albuquerque et al., 2014). No primeiro caso, ocorre maior distribuição das sementes da forragem da área com menor contato da semente com o solo o que favorece o crescimento lento da pastagem quando comparado ao sorgo. No segundo caso, em cobertura, o sorgo já apresenta seis folhas totalmente expandidas e tem maior capacidade de competir com as forrageiras em consórcio. Antes disso, a forrageira tem um crescimento inicial lento que favorece o consórcio. O consórcio proporciona uma vasta cobertura vegetal verde durante o período seco do ano gerando alimento para o gado neste período ou palha para cultura subsequente conforme ilustrado na **Figura 7**.

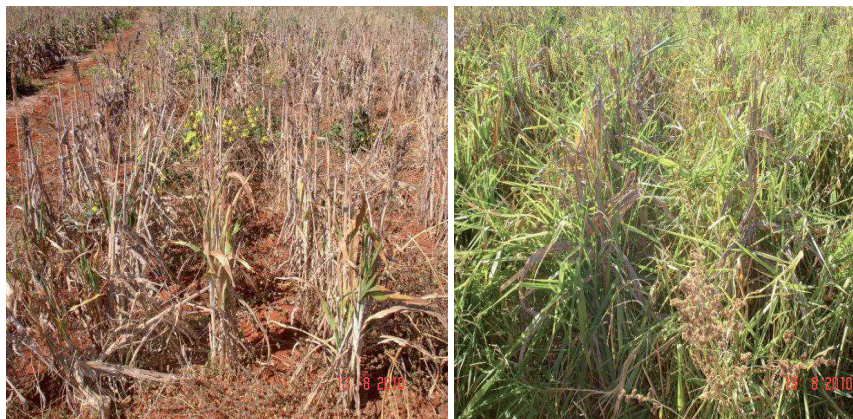


Figura 7. A esquerda sorgo solteiro no espaçamento 50 cm a direita consórcio do sorgo com *B. brizantha* no espaçamento 50 cm. Fonte: Carlos Juliano Brant Albuquerque

Utilização do sorgo na supressão de plantas daninhas e manejo de nematoides

A rotação de culturas é um método clássico de controle não químico de ervas daninhas, pragas e doenças. Ou seja, uma diferença no manejo de culturas e práticas agronômicas que podem ajudar a quebrar o ciclo, também, das ervas daninhas. De forma a aumentar a eficiência, sobretudo do controle de plantas daninhas, vem sendo recomendado a inclusão, no sistema, de uma cultura alelopática (Jabran et al., 2015; Liebman; Dyck, 1993). Diferente do sistema de rotação o de sucessão uma mesma cultura pode se repetir na safra subsequente. Na **Figura 8**, são demonstrados exemplos de rotação e sucessão de culturas.

Rotação de culturas							
Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4	
Primavera / Verão	Outono / Inverno	Primavera / Verão	Outono / Inverno	Primavera / Verão	Outono / Inverno	Primavera / Verão	Outono / Inverno
Soja	Sorgo	Algodão	Milho	Soja	Sorgo	Algodão	Milho
Sucessão de culturas							
Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4	
Primavera / Verão	Outono / Inverno	Primavera / Verão	Outono / Inverno	Primavera / Verão	Outono / Inverno	Primavera / Verão	Outono / Inverno
Soja	Sorgo	Soja	Sorgo	Soja	Sorgo	Soja	Sorgo

Figura 8. Esquema de rotação e sucessão de culturas.

A sucessão de cultura, comumente utilizada no Brasil, é a prática mais comum nos sistemas de produção envolvendo o cultivo do sorgo com alternância do plantio de soja, embora essa prática não traz consigo os benefícios agrônômicos da diversificação de culturas.

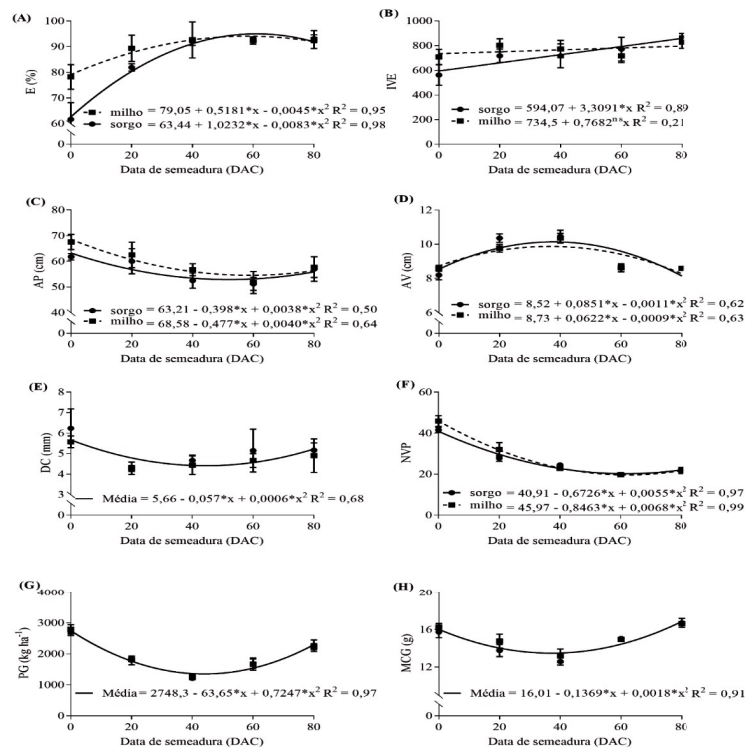
No entanto, apesar dos benefícios da diversificação de culturas, a expansão do portfólio agrícola é uma atividade complexa que envolve fatores técnicos, operacionais e financeiros da empresa rural, uma vez que esta afeta o planejamento produtivo em diferentes modos (Oliveira et al., 2012). A rotação de culturas faz parte dos três princípios para implantação do sistema de plantio direto, juntamente com semeadura direta na palha (ausência de preparo de solo) e cobertura do solo. Na maioria das vezes, o sistema de plantio direto é utilizado no Brasil em sua forma incompleta, pois o princípio da rotação é raramente respeitado e consequentemente benefícios agrônômicos não são efetivados.

O sorgo pode ser considerado como uma cultura ideal para ser usada em uma rotação ou sucessão de culturas por causa do seu alto potencial alelopático e por ser uma cultura que pode crescer sob condições de estresse (como o estresse hídrico) (Alsaadawi; Dayan, 2009). O sorgoleone, presente nas raízes do sorgo ou adicionada ao solo pelas raízes do sorgo, pode expressar sua

atividade e interferir no crescimento ou inibir a germinação das plantas daninhas. Além disso, a parte aérea do sorgo proporciona uma expressiva quantidade de biomassa vegetal, geralmente cheia de aleloquímicos (compostos fenólicos) que atuarão na supressão de plantas daninhas.

Importante contribuição, nesse aspecto, foi a obtida por Biesdorf (2017), o qual, objetivando avaliar o efeito alelopático do sorgo sobre a soja cultivada em diferentes datas após a colheita do sorgo e também sobre o comportamento da comunidade vegetal infestante, verificou que o desenvolvimento vegetativo inicial da soja é afetado negativamente quando a semeadura da soja é realizada em até 40 dias após a colheita do sorgo, apesar da produtividade final da soja não ter sido afetada pela cultura antecessora (**Figura 9**). Além disso, verificou que o cultivo de sorgo influenciou a fitossociologia e reduziu a incidência de plantas daninhas, podendo ser utilizado como estratégia de manejo integrado de plantas daninhas no sistema de rotação de culturas.

Em outro recente trabalho, Shahzad et al. (2016), no Paquistão, usaram diferentes culturas de verão como culturas de rotação com trigo semeado no inverno. Neste trabalho, foi observado que a semeadura de sorgo em um esquema de rotação de culturas foi eficaz na supressão das plantas daninhas na cultura do trigo. Os autores discutiram que o efeito alelopático do sorgo ajudava a suprimir as ervas daninhas nessa rotação (Shahzad et al. 2016). Ou seja, o sorgo, dado a sua eficácia na redução da comunidade infestante de plantas daninhas, pode ser incluído em diferentes sistemas de cultivo como uma cultura de rotação, a fim de controlar as ervas daninhas naturalmente, reduzindo-se a utilização de herbicidas químicos.



Dados: *p < 0,05. ns

Figura 9. Emergência (E) (%) (A), índice de velocidade de emergência (IVE) (B), altura de planta (AP) (cm) (C), altura de inserção de primeira vagem (AV) (cm) (D), diâmetro de coleto (DC) (mm) (E), número de vagens por planta (NVP) (F), produtividade de grãos (PG) (kg ha^{-1}) (G) e massa de cem grãos (MCG) (g) (H) da soja em função das culturas antecessoras sorgo e milho e época de semeadura. não significativo. Fonte: Biesdorf (2017).

Em relação a redução de nematoides na área com a rotação/sucessão de culturas, os produtores devem ficar atentos ao fator de multiplicação das espécies cultivadas, seja milho, sorgo, milheto, soja, etc. A ausência de plantas multiplicadoras de nematoides ou com fator de reprodução baixo é uma importante estratégia para o manejo integrado de áreas infestadas (Asmus et al., 2008). Dessa forma, tanto a cultura do sorgo quanto outras espécies cultivadas, devem ter informações suficientemente disponibilizadas pelas empresas para serem recomendadas nos sistemas de produção, em áreas infestadas. Assim, o uso de culturas não hospedeiras ou resistentes em rotação ou sucessão à cultura da soja configura-se como um dos métodos importantes no manejo das principais espécies de nematoides, pois além de não implicar em custos adicionais, não provoca impactos ambientais porque, mesmo em áreas já infestadas, dispensa o uso de produtos químicos.

Experimentos realizados em áreas de produção de algodão indicam que a rotação de culturas com milho, soja resistente e capim-braquiária (Davis et al., 2003; Asmus; Richetti, 2010) ou o estabelecimento de culturas de cobertura, tais como sorgo forrageiro, milheto e capim-braquiária (Asmus et al., 2008) promovem a redução da densidade populacional de algumas espécies de nematoides do solo, com reflexos positivos sobre a produção de algodão.

A rotação é fundamental quando não existem variedades resistentes e/ou os níveis populacionais de nematoides estão muito altos. A escolha da cultura, para a rotação, vai depender do resultado nematológico, pois existem culturas resistentes a um tipo de nematoide, e não resistentes a outros. A rotação de culturas quebra o ciclo do nematoide diminuindo a sua população

para a próxima safra. Se o agricultor não adotar a rotação, há o perigo do nematoide virar uma praga de difícil controle e de severos prejuízos à produtividade das plantas.

Segundo Inomoto e Asmus (2006), o milho e o sorgo granífero não são plantas hospedeiras de *Heterodera glycines* e *Rotylenchulus reniformis* e, portanto, seu uso como cultura safrinha pode ser considerado um dos componentes do manejo integrado de ambos os nematoides. Porém, tanto o milho como o sorgo devem ser evitados em locais em *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus brachyurus* pois são nematoides-praga. Aquele que apresenta respostas mais variáveis para as culturas das safrinhas é o nematoide das galhas mais comum no Brasil, *Meloidogyne javanica*. A densidade de *M. javanica* é reduzida durante o ciclo de alguns híbridos de sorgo, mas pode ser aumentada em até 3x em outros. Fato semelhante ocorre em milho, com a diferença de que o aumento da população do nematoide, nos milhos suscetíveis, pode chegar a 8x. Portanto, existem milhos e sorgos resistentes a *M. javanica* e outros suscetíveis. Nesse aspecto, há outra vantagem dos sorgos graníferos, pois a maioria deles é resistente, enquanto somente 20 a 30% dos milhos apresentam essa característica. Além disso, coincidentemente, a maioria dos milhos resistentes é indicada para o sul do país, onde o milho é cultivado como cultura de verão, e somente cerca de 5 a 10% dos milhos recomendados como cultura safrinha são resistentes a *M. javanica*. Porém, vale a pena conhecê-los, obtendo a informação com as empresas produtoras de sementes, pois podem fazer a diferença entre uma produção satisfatória e uma frustrante.

Brida (2012) ao avaliar a resistência de diferentes híbridos de sorgo concluíram que o BRS-310, BRS-800, BRS-610 e BRS-330 são resistentes ao *M. incognita*, já os híbridos BRS-700, BRS-

801, BRS-802, BRS-308 foram suscetíveis. Para *M. javanica*, os híbridos suscetíveis, com maiores fatores de reprodução, foram BRS-802 e BRS-700. Os demais híbridos estudados promoveram baixa multiplicação de *M. javanica*. Ainda nesse trabalho todos os híbridos de sorgo comportaram-se como resistentes para *M. enterolobii*.

Além do uso de cultivares resistentes de sorgo aos nematoides, outras práticas de manejo integrado devem ser utilizadas nas quais podemos destacar: tratamento de sementes com produtos químicos ou biológicos, bem como evitar disseminação do nematoide por meio da limpeza do maquinário usado na área de cultivo como forma de evitar a propagação. Análise previa dos nematoides existentes na área de cultivo é fundamental para direcionamento das práticas de manejo.

Espaçamento adensado

Para agilizar a semeadura do sorgo safrinha os produtores têm adotado espaçamentos recomendados para cultura da soja. Entretanto existem poucos estudos envolvendo espaçamentos adensados no cultivo, e os que existem corroboram em sua maioria com a necessidade de reduzir espaçamento para incrementos de produtividade. A falta de equipamentos específicos para semeadura adensada ainda é um limitante para cultura.

O sorgo é uma das espécies de importância agrícola que apresentam grande potencial de utilização da radiação solar por meio da fotossíntese para a conversão de carbono mineral em carbono orgânico na forma de grãos e de forragens. Em condições não estressantes, a fotossíntese é afetada pela quantidade de luz

fotossinteticamente ativa, proporção desta luz interceptada pela estrutura do dossel e pela distribuição ao longo do dossel.

Em trabalhos avaliando o perfilhamento de cultivares de sorgo semeado em diferentes arranjos de plantas, foi relatado que as interações entre os menores espaçamentos e maiores densidades proporcionaram menores números de perfilhos (Jones; Johnson, 1997; Baumhardt; Howell, 2006). O perfilhamento de cultivares de sorgo é uma característica afetada pela época de semeadura, espaçamento, densidade e ciclo da cultura (Baumhardt; Howell, 2006).

Meira et al. (1977) estudaram o arranjo de plantas de sorgo granífero nos municípios de Patos de Minas, Prudente de Morais, Felixlândia e Jaíba e concluíram que houve efeito do espaçamento e da densidade apenas nas duas primeiras localidades. Nas regiões com maior precipitação, verificaram maior tendência para os menores espaçamentos e maiores densidades.

Montagner et al. (2004) afirmam que o sorgo possui compensação de rendimento de grãos quando submetido à redução da população inicial e o componente do rendimento de grãos mais afetado pela diminuição da população inicial é o número de grãos por panícula. Ou seja, altas densidades de semeadura não apresentam vantagens na produção da cultura do sorgo (Berenguer; Faci, 2001; Lopes et al., 2005).

Em trabalhos avaliando o perfilhamento de cultivares de sorgo semeado em diferentes arranjos de plantas, foi relatado que as interações entre os menores espaçamentos e maiores densidades proporcionaram menores números de perfilhos (Jones; Johnson, 1997; Baumhardt; Howell, 2006). O perfilhamento de cultivares

de sorgo é uma característica afetada pela época de semeadura, espaçamento, densidade e ciclo da cultura (Baumhardt; Howell, 2006).

De acordo com Baumhardt e Howell (2006) os menores espaçamentos aumentam a produtividade de grãos em qualquer regime hídrico, sendo que estes autores recomendam o espaçamento de 28 cm entre fileiras para o sorgo granífero. Steiner (1986) demonstrou que os menores espaçamentos entre fileiras no cultivo do sorgo proporcionaram maiores incrementos na produtividade de grãos.

Albuquerque et al. (2010) afirmaram que a redução do espaçamento 75 para 25 cm propicia incrementos na produtividade de grãos por causa do incremento no tamanho e peso dos grãos por panícula. Em condições de maior disponibilidade hídrica esses autores afirmam que ocorre maior enchimento das espiguetas e conseqüentemente maiores quantidades de grãos por panícula. O maior número de grãos por panícula é considerado o principal componente de produção associado ao rendimento do sorgo (Magalhães et al., 2000). Resultados semelhantes também foram reportados por Myers e Fole (1981) ao demonstrar maior produtividade de grãos no espaçamento 25cm. Vários trabalhos têm demonstrado incrementos na produção de grãos ou forragem com a redução do espaçamento (Lopes et al., 2005; Baumhardt; Howell, 2006; Albuquerque et al., 2011).

Aguilara e Emileb (2013) ao comparar espaçamentos 20 e 75cm destacaram que a redução do espaçamento favoreceu o rendimento de matéria seca e incrementos de proteína da forragem do sorgo. O benefício da redução do espaçamento

é obtido, principalmente, em anos sem deficiência hídrica (Albuquerque et al., 2011).

Segundo Albuquerque et al. (2013a) ao avaliar 4 espaçamentos entre plantas (25, 50, 75 e 90cm) reportaram que a redução do espaçamento entre plantas aumenta os teores de nitrogênio e enxofre exportados nos componentes remanescentes da parte aérea do sorgo granífero.

Mantendo-se a população adequada de plantas, espaçamentos reduzidos entre as fileiras propiciam melhor utilização dos recursos do ambiente, favorecendo uma rápida cobertura do solo e, conseqüentemente, o domínio e a vantagem da cultura sobre as plantas daninhas. Além disso, culturas com alto potencial produtivo causam maior depleção de recursos do ambiente, reduzindo sua disponibilidade para outras espécies e, desse modo, tornando-se mais competitivas com plantas daninhas.

Exportação de nutrientes e ciclagem de nutrientes

Mesmo com o aumento da produtividade do sorgo, a média nacional ainda está muito abaixo do potencial dos híbridos disponíveis no mercado. Na maior parte das regiões produtoras do Brasil se destacam a produção de soja na safra e o plantio de milho na entressafra. Normalmente, o sorgo é cultivado num período de entressafra mais tardia, quando aumentam os riscos de perda na cultura do milho pelas intempéries climáticas. Os plantios tardios tendem a reduzir a produtividade, principalmente por falta de água no enchimento de grãos.

O sorgo foi tratado como planta rústica por causa da sua capacidade de desenvolver-se bem em condições adversas,

principalmente em relação a escassez hídrica, porém o produtor deve estar ciente que isso não significa que ela necessite de menos nutrientes ou que não seja responsiva a adubação mineral suplementar (Von Pinho et al., 2014; Albuquerque et al., 2014; Whitney, 1998; House, 1985). À semelhança de outras culturas anuais, o sorgo pode apresentar grande exigência nutricional, sobretudo quando se busca alta produtividade (Resende et al., 2009). Ele é considerado muito eficiente na utilização de nutrientes do solo em razão de seu sistema radicular ser bem fibroso e desenvolvido. As quantidades de nutrientes absorvidos variam de acordo com as cultivares, condições de clima, fertilidade do solo e demais tratamentos culturais (Fornasier Filho; Fornasier, 2009).

O sorgo safrinha é cultivado sob sequeiro, após a colheita da safra de verão, sob condições ambientais peculiares, especialmente baixas temperaturas e pouca disponibilidade de água no solo, requerendo técnicas específicas de manejo que diferem daquelas recomendadas para as lavouras de verão. O sorgo safrinha em plantio direto deve ser cultivado em solos com fertilidade média a alta, pois em solos de baixa fertilidade seriam necessárias doses elevadas de adubos, que podem ser inviáveis economicamente pela baixa eficiência da adubação na safrinha quando comparado a safra. Além disso, os solos de baixa fertilidade que persistem nas áreas do cerrado são, quase totalmente bastante arenosos.

O planejamento da adubação do sorgo deve considerar a cultura antecessora bem como a cultura sucessora, que na maioria das vezes no cerrado trata-se da soja. Adubações limitadas do sorgo prejudica o próximo cultivo por limitações na fertilidade do solo podendo prejudicar todo sistema. Assim, a soja deve ser cultivada visando manter boas condições de solo para o sorgo e vice-versa. Importante destacar que os princípios básicos

utilizados na recomendação de adubação do sorgo safrinha em plantio direto são praticamente os mesmos da época normal, com o cuidado de se levar em consideração o menor potencial produtivo, que limita as doses econômicas, e a precipitação pluvial decrescente, que afeta o parcelamento da adubação. O cultivo da soja antecedendo o sorgo aumenta a disponibilidade de N no solo, a absorção de N pela planta e o rendimento de grãos, sendo o sistema de manejo da leguminosa importante para a melhoria dos componentes de produção da cultura. Em contrapartida, o sorgo fornece uma palhada proveniente dos restos culturais bem como rebrota de excelente qualidade para o plantio direto da soja.

As necessidades nutricionais das plantas são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidos nas diferentes etapas fisiológicas do seu ciclo e tem relação direta com a produtividade (Bull; Cantarella, 1993). A maior exigência refere-se a nitrogênio e potássio, em seguida fósforo, enxofre, magnésio e cálcio. O fósforo é o nutriente mais translocável, seguido pelo nitrogênio e enxofre. Por sua vez, os nutrientes cálcio e magnésio apresentam reduzida translocação para os grãos (Taiz; Zeiger, 2013; Epstein; Bloom, 2004). As necessidades nutricionais da planta são determinadas pela quantidade de nutriente que ela extrai, dependendo da produtividade obtida e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada.

Albuquerque et al. (2013a) avaliando teores de macronutrientes na maturidade fisiológica em diferentes arranjos de plantas, na parte colmo mais folhas, encontrou teores maiores de K seguidos de N e P. O acúmulo de nutrientes no grão foi maior para N seguido de K e P. Mesma sequência observada por Franco (2011). Zandonadi et al. (2016) avaliando a extração e exportação

de macronutrientes de vários híbridos de sorgo granífero em Votuporanga, SP, observaram que os teores de macronutrientes nos diferentes estádios fenológicos variam de acordo época de semeadura avaliada apresentando a seguinte ordem decrescente de concentração: $N > K > P > Ca > Mg > S$.

O histórico da área é fundamental para definição da contribuição do N no sistema plantio direto, esse fator está relacionado à cultura de cobertura ou à cultura antecessora. Resíduos culturais com elevada relação C/N podem reduzir substancialmente as quantidades de N disponíveis no solo para a cultura em sucessão. A sequência de culturas em rotação também influencia o manejo da adubação nitrogenada. Espécies de leguminosas que fixam N_2 atmosférico em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* promovem, para a cultura em sucessão, maior disponibilidade de N no solo. Em função desta disponibilização, pode-se reduzir em cerca de 50% a dose de N para a cultura seguinte (Lopes et al., 2004).

Com o acúmulo de palha na superfície em áreas de plantio direto, as perdas de N da ureia por volatilização de amônia tendem a ser mais intensas e rápidas por causa da maior atividade da urease nos resíduos vegetais. Ademais, a incorporação da ureia ao solo, reduz significativamente ou evita tais perdas. Em solos do cerrado, existe uma tendência de aumento das doses de N na semeadura do sorgo safrinha, dos 10 a 20 kg ha⁻¹ empregados há alguns anos, para cerca de 30 a 40 kg ha⁻¹. Isso é consequência do aumento da produtividade esperada, mas, reflete também a maior demanda por N das áreas em plantio direto.

No caso do sorgo safrinha, após a cultura da soja, esta leguminosa deixa muito nitrogênio no solo, mas este é mineralizado

lentamente e pode não suprir essa grande demanda do sorgo. Adubações nitrogenadas de semeadura com fórmulas NPK concentradas em nitrogênio, por exemplo, 12-16-16, 13-13-13, 16-16-16, permitem um rápido desenvolvimento inicial da planta.

Como na maioria das regiões de sorgo safrinha não existe o problema de perdas do nitrogênio por lixiviação, a adubação nitrogenada de cobertura deve ser realizada somente quando houver previsão de boas condições ambientais.

Para produtividades esperadas entre 4 a 6 kg ha⁻¹ recomenda-se entre 20-80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 a 60 kg ha⁻¹ de K₂O (Sousa; Lobato, 2004; Cantarella et al., 1996).

Conhecer os teores foliares de nutrientes no sorgo é de fundamental importância dentro do manejo da nutrição, contribuindo para aumento na sua eficiência no campo, proporcionando ganhos em produtividade e redução de custos. A informação em relação a extração de nutrientes pelas plantas em diferentes níveis de produtividade deve ser levada em consideração para que se possa definir o manejo adequado da fertilidade do solo na propriedade, explorando ao máximo o potencial produtivo da cultura (Santos et al., 2014a).

Considerações finais

A cultura do sorgo tem grande potencial para maior estabilidade e sustentabilidade dos sistemas de produção, bem como segurança alimentar em algumas regiões do Brasil. A produtividade nacional de sorgo há 30 anos atrás demonstra valores bem próximos aos atuais. Isso ocorreu pela transferência do cultivo do sorgo da safra como cultura de safrinha nos tempos atuais.

A evolução do sorgo safrinha no cerrado foi devida a crescente expansão da produção de soja na mesma área. O plantio direto gerou oportunidades para o uso de sorgo para produção de palha de boa qualidade para proteção do solo (alta relação C/N). Os restos culturais do sorgo podem compor as estratégias para manejo integrado de plantas daninhas. Ou seja, os efeitos alelopáticos dos restos culturais do sorgo deve ser trabalhado como parte de soluções para os sistemas de produção e não como um problema nas culturas em sucessão que pode ser resolvido com dessecação antecipada e manejo de nutrientes. Assim, no manejo da rebrota do sorgo, é importante a dessecação com pelo menos 14 dias antes da semeadura da cultura sucessora para evitar efeitos sobre a cultura em sucessão.

O uso de espaçamentos reduzidos no sorgo tem potencial para incrementar ganhos em produtividade e redução de custos de produção pelo menor uso de herbicidas. Além disso, o manejo nutricional da planta é fundamental para sustentabilidade dos sistemas de produção envolvendo rotação ou sucessão de culturas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, Fapemig, Capes e Banco do Nordeste pelo apoio financeiro em algumas atividades de pesquisa apresentadas no capítulo.

Referências

AGUILARA, E. D. B.; EMILEB, J. C. Effect of row spacing and sowing density on sorghum forage yield and quality. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuárias**, v. 4, n. 2, p. 161-176, 2013.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R. de; SOUZA, M. F. de; Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 10-20, 2013a.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; MANTOVANI, E. C.; MENEZES, C. B. de; TARDIN, F. D.; FREITAS, R. S. de; MAY, A.; ZANDONADI, C. H. S. Sorgo granífero: manejo, colheita e armazenamento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 41-48, jan./fev. 2014.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J.; ALVES, D. D.; ALVARENGA, R. C.; BORGES, G. L. F. N. Consórcio de forrageiras tropicais com o sorgo granífero em duas localidades do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p 1-9, 2013b.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VIANA, M. C. M.; FRANCO, F. O.; WENDLING, B.; DANTAS, I. B.; PEREIRA, D. R. A.; TAVARES, R. M. **Sorgo granífero em Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta sob residual de fósforo e diferentes arranjos de eucalipto**. Belo Horizonte: Epamig, 2013c. (Epamig. Circular Técnica, 184).

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 278-285, 2011.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; ROCHA, G. R.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento reduzido para o cultivo do sorgo granífero no sistema irrigado e em sequeiro. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 2, p. 7-16, 2010.

ALMEIDA DAN, H.; LEMOS BARROSO, A. L.; MORAES DAN, L. G.; FINOTTI, T. R.; FELDKIRCHER, C.; SANTOS, V. S. Controle de plantas daninhas na cultura do milho por meio de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 388-393, 2010.

ALSAADAWI, I. S.; AL-EKELLE, M. H. S.; AL-HAMZAWI, M. K. Differential allelopathic potential of grain sorghum genotypes to weeds. **Allelopathy Journal**, v. 19, n. 1, p. 153-159, 2007.

ALSAADAWI, I. S.; DAYAN, F. E. Potentials and prospects of sorghum allelopathy in agroecosystems. **Allelopathy Journal**, v. 24, n. 2, p. 255-270, 2009.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 857-865, 2000.

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

ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M.; CARGNIN, R. A. Cover crops for reniform nematode suppression in cotton: greenhouse and field evaluations. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 33, n. 2, p. 85-89, 2008.

BARROS, A. S. **Viabilidade agrônômica de híbridos de milho, sorgo e girassol em safrinha no município de Rio Verde, GO**. 2008.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2008.

BAUMHARDT, R. L.; HOWELL, T. A. Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 3, p. 462-470, 2006.

BERENQUER, M. J.; FACI, J. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 43-55, Sept. 2001.

BIESDORF, E. M. **Alelopatia do sorgo granífero sobre a soja e as plantas daninhas**. 2017. 44 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.

BRIDA, A. L. **Reação de aveia branca, feijão, sorgo e trigo a *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii***. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

BULL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 301 p.

CABRAL, D. A.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SANTOS, F. E.; AGOSTINHO, F. B.; RODRIGUES, W. S.; CARDOSO, M. M. Matéria orgânica em solo cultivado com sorgo granífero sob diferentes coberturas vegetais para o sistema de integração lavoura-pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas: anais**. [Uberlândia]: SBCS: UFU, ICIAG, 2011. 1 CD-ROM.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 43-71. (Boletim Técnico, 100).

CHEEMA, Z. A.; KHALIQ, A.; SAEED, S. Weed control in maize (*Zea mays* L.) through sorghum allelopathy. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v. 23, n. 4, p. 73-86, 2004.

CHEEMA, Z.; MUSHTAQ, M.; FAROOQ, M.; HUSSAIN, A.; ISLAM-UD-DIN, S. Purple nutsedge management with allelopathic sorghum. **Allelopathy Journal**, v. 23, p. 305-312, 2009.

CONAB. **Estatísticas:** dados de culturas. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 28 maio 2018.

CZARNOTA, M. A.; RIMANDO, A. M.; WESTON, L. A. Evaluation of root exudates of seven sorghum accessions. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 29, p. 2073-2083, 2003.

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**, St. Paul, v. 35, n. 1, p. 58-64, 2003.

DAYAN, F. E. Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*. **Planta**, Berlin, v. 224, p. 339-346, 2006.

DAYAN, F. E.; RIMANDO, A. M.; PAN, Z.; BAERSON, S. R.; GIMSING, A. L.; DUKE, S. O. Sorgoleone. **Phytochemistry**, New York, v. 71, n. 10, p. 1032-1039, 2010.

DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CHINELATTO JÚNIOR, L. S.; REIS, C. Sorção e persistência da sorgoleona em um latossolo vermelho-amarelo. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 451-455, 2005.

DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C.; MATOSO, M. J. **Área de plantio direto e área plantada com sorgo no cerrado**: existente alguma correlação entre elas? Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 151).

EINHELLIG, F. A.; LEATHER, G. R. Potentials for exploiting allelopathy to enhance crop production. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 14, n. 10, p. 1829-1844, 1988.

EPSTEIN, E. E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Planta, 2004. 403 p.

FAROOQ, M.; FLOWER, K.; JABRAN, K.; WAHID, A.; SIDDIQUE, K. H. Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 117, p. 172-183, 2011.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: Funep, 2009.

FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2011.

FREITAS, R. S.; ALBUQUERQUE, C. J. B. **Manejo da rebrota do sorgo para semeadura da soja**. Votuporanga: Instituto Agrônomo de Campinas, 2018. Relatório de pesquisa.

HEJL, A. M.; KOSTER, K. L. The allelochemical sorgoleone inhibits root H⁺-ATPase and water uptake. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 11, p. 2181-2191, 2004.

HOUSE, L. R. **A guide to sorghum breeding**. 2nd ed. Hyderabad: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1985.

INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Controle de nematoides une resistência, rotação e nematicidas. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 6, p. 47- 50, dez. 2006.

INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Culturas de cobertura e de rotação devem ser plantas não hospedeiras de nematoides. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 9, p. 112-116, 2009.

JABRAN, K.; FAROOQ, M. Implications of potential allelopathic crops in agricultural systems. In: CHEEMA, Z. A.; FAROOQ, M.; WAHID, A. (Ed.). **Allelopathy**. Berlin: Springer-Verlag, 2013. p. 349-385.

JABRAN, K.; CHEEMA, Z.; FAROOQ, M.; BASRA, S.; HUSSAIN, M.; REHMAN, H. Tank mixing of allelopathic crop water extracts

with pendimethalin helps in the management of weeds in canola (*Brassica napus*) field. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 10, p. 293-296, 2008.

JABRAN, K.; MAHAJAN, G.; SARDANA, V.; CHAUHAN, B. S. Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop Protection**, Surrey, v. 72, p. 57-65, 2015.

JONES, O. R.; JOHNSON, G. L. **Evaluation of a short season, high density production strategy for dryland sorghum**. Texas: USDA-ARS, 1997.

KHALIQ, A.; MATLOOB, A.; FAROOQ, M.; MUSHTAQ, M.; KHAN, M. Effect of crop residues applied isolated or in combination on the germination and seedling growth of horse purslane (*Trianthema portulacastrum*). **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 29, p. 121-128, 2011.

LANDAU, E. C.; SANTOS, G. M.; NETTO, D. A. M. **Aumento potencial do plantio de sorgo granífero no Brasil considerando o zoneamento de risco climático**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 32 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 76).

LIEBMAN, M.; DYCK, E. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. **Ecological Applications**, Tempe, v. 3, n. 1, p. 92-122, 1993.

LOPES, S. J.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D. C.; LORENTZ, L. H.; LOVATO, C.; DIAS, V. O. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades

de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, p. n. 6, 525-530, 2005.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 115 p.

MACHADO, V.; TUFFI SANTOS, L. D.; SANTOS JÚNIOR, A.; MOTA, V.; PADILHA, S.; SANTOS, M. Fitossociologia de plantas daninhas em sistemas de integração de sorgo com braquiária sob diferentes formas de implantação da pastagem. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 85-95, 2011.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 3).

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; MAY, A.; FILHO, O. F. L.; SANTOS, F. C.; MOREIRA, J. A. A.; LEITE, C. E. P.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FREITAS, R. S. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELA, R. (Ed.). **Sorgo**: do plantio à colheita. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 58- 88.

MEIRA, J. L.; AZEVEDO, J. T.; SILVA, J.; SCHAFFERT, R. E.; MURAD, A. M.; CARVALHO, L. J. C. B. Espaçamento e densidade do sorgo granífero. In: PROJETO Sorgo: relatório anual 72/73/74/75. Belo Horizonte: EPAMIG, 1977. p. 105-121.

MONTAGNER, D.; LOVATO, C.; GARCIA, D. C. Perdas aleatórias na população inicial e sua relação com o rendimento de grãos

em sorgo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Santa Maria, v. 10, n. 3, p. 281-285, jul./set. 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002.

MYERS, R. J. K.; FOLE, M. A. Row spacing and population density in grain sorghum. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 4, p. 147-154, 1981.

OLIVEIRA, A. F.; PEREIRA, C. N.; VIEIRA, P. A. Análise da rotação de grãos em área de reforma de canavial. In: CONGRESSO DA SOBER - SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 50., 2012, Vitória. **Anais eletrônicos... SOBER**: Vitória: 2012, p. 34-42.

OLIVEIRA, J.; PEIXOTO, C.; POELKING, V.; ALMEIDA, A. Avaliação de extratos das espécies *Helianthus annuus*, *Brachiaria brizanthae*, *Sorghum bicolor* com potencial alelopático para uso como herbicida natural. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 17, n. 3, p. 379-384, 2015.

RASMUSSEN, J. A.; HEJL, A. M.; EINHELLIG, F. A.; THOMAS, J. A. Sorgoleone from root exudate inhibits mitochondrial functions. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 18, p. 197-207, 1992.

RESENDE A. V. de; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Adução maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 119).

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1984.

SANI, B. M.; DANMOWA, N. M.; SANI, Y. A.; JALIYA, M. M. Growth, yield and water use efficiency of maize-sorghum intercrop at Samaru, Northern Guinea Savannah, Nigeria Niger. **Journal of Basic and Applied Science**, v. 19, n. 2, p. 253-259, 2011.

SANTOS, F. C. dos; COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de; MIRANDA, R. A. de. Correção do solo e adubação na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 76-88, jan./fev. 2014a.

SANTOS, O. O.; FALCÃO, H.; ANTONINO, A. C. D.; LIMA, J. R. S.; LUSTOSA, B. M.; SANTOS, M. G. Desempenho ecofisiológico de milho, sorgo e braquiária sob déficit hídrico e reidratação. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 203-212, 2014b.

SANTOS, I.; SILVA, C. da; SANTOS, S. dos; MAIA, M. Sorgoleone: lipidic benzoquinone of sorghum with allelopathic effects in agriculture as a herbicide. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 1, p. 135-144, 2012.

SÈNE, M.; DORÉ, T.; PELLISSIER, F. Effect of phenolic acids in soil under and between rows of a prior sorghum (*Sorghum bicolor*) crop on germination, emergence, and seedling growth of peanut (*Arachis hypogea*). **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, p. 625-637, 2000.

SHAHZAD, M.; FAROOQ, M.; JABRAN, K.; HUSSAIN, M. Impact of different crop rotations and tillage systems on weed infestation and productivity of bread wheat. **Crop Protection**, v. 89, p. 161-169, 2016.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 11, p. 1504-1512, nov. 2009.

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

STEINER, J. L. Dryland grain sorghum water use, light interception, and growth responses to planting geometry. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 4, p. 720-726, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TOLK, J. A.; HOWELL, T. A.; MILLER, F. R. Yield component analysis of grain sorghum grown under water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 145, n. 1, p. 44-51, 2013.

TREZZI, M.; VIDAL, R. Potential of sorghum and pearl millet cover crops in weed suppression in the field: II-Mulching effect. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 1-10, 2004.

UDDIN, M. R.; PARK, S. U.; DAYAN, F. E.; PYON, J. Y. Herbicidal activity of formulated sorgoleone, a natural product of sorghum root exudate. **Pest Management Science**, Sussex, v. 70, n. 2, p. 252-257, 2014.

UDDIN, M. R.; PARK, K. W.; KIM, Y. K.; PARK, S. U.; PYON, J. Y. Enhancing sorgoleone levels in grain sorghum root exudates. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 36, p. 914-922, 2010.

VON PINHO, R. G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (Ed.). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 37-57.

WHITNEY, D. Fertilizer requirements: In: GRAIN sorghum production handbook. Manhattan: Kansas Agricultural Experiment Station, 1998. p. 12-14.

YANG, X.; OWENS, T. G.; SCHEFFLER, B. E.; WESTON, L. A. Manipulation of root hair development and sorgoleone production in sorghum seedlings. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, p. 199-213, 2004.

ZANDONADI, C. H. S.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FREITAS, S. F. Chlorophyll index (SPAD) and macronutrients relation and productive performance of sorghum hybrids in different sowing dates. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 4, p. 546-555, 2016.