

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**INTERAÇÃO ENTRE SORGO SACARINO E PLANTAS
DANINHAS**

**Paulo Roberto Fidelis Giancotti
MSc. Engenheiro Agrônomo**

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INTERAÇÃO ENTRE SORGO SACARINO E PLANTAS
DANINHAS**

Paulo Roberto Fidelis Giancotti

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luís da C. A. Alves

Co-orientadoras: Dr^a. Mariluce P. Nepomuceno

Dr^a. Kumidini M. Meepagala

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

2015

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Paulo Roberto Fidelis Giancotti nasceu em Monte Alto, estado de São Paulo, dia 17 de julho de 1986, e bacharelou-se em engenharia agrônômica pela Universidade Estadual de Londrina, no ano de 2008. Em 2010 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia, na área de Produção Vegetal, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, como bolsista CNPq e obteve o título de mestre no ano de 2012. No mesmo ano, ingressou no doutorado na mesma área de concentração, tendo recebido bolsa da CAPES, inicialmente, e da FAPESP, posteriormente, tendo que se abdicar da mesma para assumir um cargo em empresa privada. Entre a graduação e a pós-graduação, atuou em pesquisa na área de matologia, principalmente biologia, manejo, interferência de plantas daninhas e alelopatia de coberturas vegetais. Publicou diversos artigos científicos em periódicos nacionais e internacionais relevantes na área de ciências agrárias. Realizou Estágio Docência em duas disciplinas de Fisiologia Vegetal, na FCAV – UNESP. Entre 2013 e 2014, realizou estágio de Doutorado Sandwich no National Center for Natural Products na University of Mississippi - USDA/ARS, Estados Unidos, aprendendo metodologias de química analítica e realizando pesquisas sobre alelopatia.

“Change will not come if we wait for some other person or some other time. We are the ones we've been waiting for. We are the change that we seek”.

Barack Obama

AGRADECIMENTOS

A Deus por todos presentes e oportunidades concedidas. À minha querida esposa Lygia, aos meus iluminados pais Luís Carlos e Silvana e a toda minha abençoada família, pelo apoio incondicional.

À CAPES e à FAPESP, pela concessão de bolsa durante determinados períodos do Doutorado e à primeira também pelo Doutorado Sandwich.

A todos os meus amigos (colegas ou funcionários) em que fui presenteado durante o trabalho (sem exceção!) no LAPDA, no Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária (FCAV –UNESP) e no NPURU-USDA/ARS pela pronta disposição ajudar.

Aos componentes da banca de qualificação e defesa Dr. Carlos Alberto Mathias Azania, Dra. Mariluce Pascoina Nepomuceno, Dr. Robinson Luiz de Campos Machado Pitelli, Dr. Silvano Bianco, Dr. Roberto Estêvão Bragion de Toledo e Dr. Marcos A. Kuva, pelas correções e sugestões.

À assídua pesquisadora co-orientadora Kumudini M. Meepagala.

À grande amiga e co-orientadora Mariluce Nepomuceno.

Ao sempre diligente orientador Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
CAPÍTULO 2. PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA E ÍNDICES FITOSSOCIOLÓGICOS DA COMUNIDADE INFESTANTE DE SORGO SACARINO CULTIVADO EM DUAS SAFRAS.....	3
Resumo.....	3
Introdução.....	3
Material e Métodos.....	5
Resultado e Discussão.....	8
Referências.....	21
CAPÍTULO 3. INTERFERÊNCIA ENTRE SORGO SACARINO E ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS EM VASOS.....	23
Resumo.....	23
Introdução.....	23
Material e Métodos.....	25
Resultado e Discussão.....	26
Referências.....	33
CAPÍTULO 4. ALELOPATIA DE EXSUDADOS DE SORGO SACARINO E A PRODUÇÃO DE SORGOLEONE EM EXTRATO DE <i>Abutilon theophrasti</i>	35
Subcapítulo 4.1. Potencial alelopático de exsudado radicular de sorgo sacarino.....	35
Resumo.....	35
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	36
Resultado e Discussão.....	39
Referências.....	42
Subcapítulo 4.2. Produção de sorgoleone em resposta a concentrações de extrato aquoso de raiz de <i>A. theophrasti</i>	44
Resumo.....	44
Introdução.....	44
Material e Métodos.....	45
Resultado e Discussão.....	48
Referências.....	51
CAPÍTULO 5. POTENCIAL DE SUPRESSÃO DE RESTOS CULTURAIS DO SORGO SACARINO E COBERTURAS DE ROTAÇÃO COM CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE A COMUNIDADE DE PLANTAS DANINHAS.....	53
Resumo.....	53
Introdução.....	53
Material e Métodos.....	55

Resultado e Discussão.....	58
Referências.....	69

INTERAÇÃO ENTRE SORGO SACARINO E PLANTAS DANINHAS

RESUMO - O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*) é caracterizado por conter elevados teores de açúcares fermentescíveis em seu colmo, sendo considerado atualmente de alto potencial para compor a matriz energética nacional, ao produzir álcool durante a entressafra da cultura da cana-de-açúcar. A interferência das plantas daninhas é um dos fatores de maior importância durante a condução de uma lavoura. Uma vez que pouco tem sido estudado sobre esse tipo de sorgo, especificamente, estudos da interação entre as plantas daninhas e a cultura do sorgo sacarino são muito bem-vindas no desenvolvimento da agricultura energética. Os objetivos do trabalho foram: (I) determinar os períodos de interferência e índices fitossociológicos da comunidade infestante da cultura do sorgo sacarino; (II) analisar o desenvolvimento inicial de sorgo sacarino sob alta infestação de plantas daninhas; (III) estudar o efeito do exsudado do sorgo sacarino em outras espécies de plantas e avaliar o extrato radicular de uma potencial planta estimuladora da produção de sorgoleone pelo sorgo; (IV) avaliar o efeito supressor de restos culturais de sorgo sacarino sobre as plantas daninhas. Para o primeiro objetivo, os tratamentos consistiram de períodos crescentes da cultura em convivência e controle da comunidade infestante, em duas safras; sendo avaliada a biometria e a produção comercial do sorgo sacarino, além da determinação de índices fitossociológicos da comunidade infestante (densidade, dominância e importância relativa das espécies daninhas, além dos índices de diversidade e equitabilidade da comunidade). Em vasos, foi instalado o experimento para avaliar o terceiro objetivo, no qual híbridos de sorgo sacarino foram submetidos à presença de cinco plantas daninhas em alta densidade; sendo avaliadas as características morfofisiológicas do sorgo sacarino e a massa seca acumulada pela cultura e pelas plantas daninhas. Os estudos sobre a alelopatia foram realizados em laboratório, utilizando diferentes metodologias de química analítica, além de bioensaios avaliando a atividade de exsudados de híbridos de sorgo sacarino sobre germinabilidade e o desenvolvimento de plântulas teste e o crescimento de coleótilo de trigo. No estudo do efeito supressor de restos culturais de sorgo sacarino, este foi comparado, no campo, com outros tipos de coberturas, e avaliada a reinfestação da comunidade infestante por meio de estudos fitossociológicos e a avaliação do banco de sementes do solo. Durante a produção de colmos de sorgo sacarino, a densidade de plantas daninhas foi o fator determinante para a importância das mesmas dentro da comunidade infestante, uma vez que o desenvolvimento e acúmulo de biomassa destas foram suprimidos pela competição estabelecida pela cultura. O sorgo sacarino se mostrou extremamente competitivo no campo, sendo que a interferência das plantas daninhas não acarretou em redução da produtividade da cultura, em duas safras. A supressão das plantas daninhas proporcionada pelos restos culturais da cultura de sorgo sacarino se equiparou a da cobertura de mucuna-cinza, suprimindo as plantas daninhas no campo por, pelo menos, quatro meses, durante a época seca. Em vasos, quatro plantas daninhas tiveram sua massa seca reduzida pela presença de sorgo sacarino, mesmo em reduzida densidade; além disso, o sorgo foi insensível à presença de três espécies daninhas presentes em alta densidade. Os bioensaios não apresentaram o esperado resultado de inibição alelopática do exsudado de

sorgo sacarino sobre plantas teste. Devido ao elevado coeficiente de variação, a produção de sorgoleone pelo sorgo submetido ao extrato de *A. theophrasti*, não apresentou resultados conclusivos.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, sorgoleone, matologia, interferência interespecífica

INTERACTION BETWEEN SWEET SORGHUM AND WEEDS

SUMMARY- Sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) is featured by the high level of fermentable sugars present in its stalk. The crop is currently considered of high potential to compose the national energetic system, by producing alcohol during the sugarcane off season. The weed interference is one of the most important factors during a crop management. Because not too much have been studied about sweet sorghum, studies about the interaction between weeds and sweet sorghum crop are very welcome for the development of the bioenergy nationwide. The aim of this research were: (I) determine the periods of weed interference and the phytosociological indexes of the weed community on the sweet sorghum crop; (II) analyze the initial growth of sweet sorghum under high weed infestation; (III) study the effect of the sweet sorghum root exudate in other plant species and also evaluate the root extract of an potential stimulant plant on the production of sorgoleone by sorghum; (IV) evaluate the suppressive effect of sweet sorghum crop residues on weeds. For the first objective, the treatments were composed by increasing periods of weed presence and weed absence at two crop seasons; when it was evaluated the sweet sorghum biometry and yield, besides the determination of phytosociological indexes of the weed community (the relative indexes of density, dominance and importance, and the weed community indexes of diversity and equitability). In pots, it was carried out an assay in order to evaluate the third aim, in which hybrids of sweet sorghum were submitted to the presence of five weed species in higher density. It was evaluated the morphophysiological features of sweet sorghum and the dry mass of both crop and weeds. The studies about allelopathy were carried out in laboratory, using different methods of analytical chemistry. Bioassays was carried out in order to evaluate the activity of exudates of sweet sorghum hybrids on test plants seed germinability and seedling development. In the study of the suppressor effect of sweet sorghum residues, it was compared at field with other cover crops and it was evaluated the reinfestation of the weed community by phytosociological studies and seed soil bank evaluation. During the sweet sorghum crop, the weed density was the determinant factor for the weed importance in the weed community, once the weed development and dry mass accumulation were suppressed by the competition established by the crop. The sweet sorghum showed an extremely competitive behavior on field and the interference of weeds did not cause yield loss, in two crop seasons. The weed suppression provided by the sweet sorghum crop residues was similar to the one provided by *Mucuna pruriens*, controlling the weeds on field for at least four months, during the dry season. In pots, four weed species had their dry mass reduced by the presence of sweet sorghum, even in lower density of the crop. Besides that, the sweet sorghum was insensitive to the presence of three weed species that were present in higher density. The bioassays didn't show the expected result of allelopathic inhibition of sweet sorghum exudate on test plants. Due to the high coefficient of variation, the production of sorgoleone by sorghum subjected to root extract of *A. theophrasti*, did not show conclusive results.

Key words: *Sorghum bicolor*, sorgoleone, weed science, interspecific interference

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é utilizado com o objetivo específico de produção de etanol. Algumas décadas atrás, foram lançados alguns híbridos no mercado, porém o objetivo comercial em torno da cultura não atingiu as expectativas. De alguns anos para cá, novos híbridos estão sendo desenvolvidos e a agroindústria da cana-de-açúcar vem realizando testes a campo a fim de verificar a viabilidade da cultura. Nessa realidade, o sorgo sacarino supriria a falta de matéria prima da indústria, durante a entressafra da cana-de-açúcar.

Em todas as culturas agrícolas, um dos principais fatores que determinam a produção é a interferência das plantas daninhas. A interferência se dá pela competição das plantas com a cultura pelos recursos do meio (espaço, água, luz e nutrientes), pela liberação de compostos alelopáticos do metabolismo secundário, por hospedar pragas e doenças, pelo parasitismo ou mesmo ao prejudicar a eficiência da colheita. Seu controle implica em mão-de-obra, equipamentos, uso de produtos químicos de potencial toxicidade ao homem e ao ambiente e custos.

A interferência entre as plantas depende de fatores referentes às espécies daninhas (densidade, distribuição, biomassa e estágio fenológico), à cultura (cultivar, porte, densidade e espaçamento), às condições edafoclimáticas e da época e período em que ocorre a convivência entre ambas. Com relação às plantas daninhas, o estudo do comportamento de uma comunidade infestante e a identificação das espécies mais importantes dentro de um sistema de manejo por meio da análise de índices fitossociológicos é de fundamental importância para a escolha de melhores métodos de cultivo.

A cultura do sorgo é conhecida pelo seu elevado potencial alelopático, grande parte devido a produção de um exsudado radicular hidrofóbico conhecido como sorgoleone, sendo um dos aleloquímicos mais estudados na ciência. Além disso, essa planta se destaca pelo crescimento em locais pouco favoráveis à agricultura, o que garante a produção de alimento em regiões pobres e de baixa tecnologia. Tais características podem proporcionar um alto potencial competitivo da cultura e relativa tolerância às plantas daninhas. A planta também é conhecida pela versatilidade de objetivos de produção, sendo utilizada também

para a alimentação animal. Para a finalidade de produção de álcool, na qual está o sorgo sacarino, ainda são escassos estudos sobre o comportamento dessa planta na presença de plantas daninhas e vice-versa.

Os objetivos da pesquisa foram estudar o comportamento do sorgo sacarino e de plantas daninhas em convivência, o potencial de supressão de daninhas pelos restos culturais e o potencial alelopático do exsudado radicular da cultura. Para tanto, o trabalho foi dividido em quatro estudos, que serão apresentados a seguir na forma de capítulos.

CAPÍTULO 2 - Períodos de interferência e índices fitossociológicos da comunidade infestante de sorgo sacarino cultivado em duas safras

Resumo - O estudo teve por objetivo determinar os períodos de interferência e índices fitossociológicos da comunidade infestante da cultura do sorgo sacarino, híbrido CVSW 80007, cultivado em duas épocas. Os tratamentos consistiram de períodos crescentes de convivência e controle da comunidade infestante (0, 4, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 56 e 68 dias após a emergência da cultura para a safra de verão e 0, 4, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 100 dias para a safra de outono). A comunidade infestante foi avaliada por meio do número de indivíduos e da massa seca de cada população de planta daninha em cada período na presença de plantas daninhas na safra de verão e na presença e ausência na safra de outono, correspondendo a dois experimentos. Com esses dados foram determinados os índices de densidade, dominância e importância relativa das populações e os índices de diversidade e equitabilidade da comunidade infestante. As principais plantas daninhas presentes foram *Cyperus rotundus*, *Alternanthera tenella*, *Indigofera hirsuta*, *Amaranthus* sp., *Digitaria nuda*, e *Portulaca oleracea*. Ao final dos experimentos, foram realizadas avaliações biométricas na cultura. Foi observado que a densidade das plantas daninhas foi o fator determinante para a importância das mesmas dentro da comunidade infestante, uma vez que o desenvolvimento e acúmulo de biomassa destas foram suprimidos pela interferência estabelecida pelo sorgo sacarino. O híbrido de sorgo sacarino se mostrou extremamente competitivo, sendo que, nas condições edafoclimáticas dos experimentos, a interferência exercida pelas populações de plantas daninhas presentes não acarretou em redução da produtividade da cultura.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, plantas daninhas, matocompetição.

Introdução

Usinas produtoras de etanol têm recentemente avaliado a utilização do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na produção de etanol, por ser uma alternativa real e viável para reduzir o período de ociosidade da indústria sucroalcooleira na entressafra da cana-de-açúcar. A rapidez do ciclo de produção, as facilidades de mecanização da cultura, o teor relativamente alto de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo e a colheita antecipada justificam seu cultivo (EMBRAPA, 2004). Com a utilização do sorgo sacarino, viabiliza-se o período de safra entre março e abril, um aumento da atividade industrial de 15 a 60 dias (OLIVEIRA, 2012). Entretanto, usineiros e produtores ainda não conhecem por completo a planta e o manejo correto do sorgo sacarino. Oliveira (2012) cita que erros no manejo podem reduzir a produção de etanol da cultura em até 1000 L ha⁻¹, tornando o seu cultivo não rentável.

A cultura do sorgo sacarino está sujeita a uma série de fatores que podem influenciar o seu desenvolvimento e produção. Um dos principais problemas na condução da cultura é a interferência de plantas daninhas. Elas podem causar perdas na produtividade pela competição por fatores limitados no meio (luz, nutrientes e água), dificuldades na colheita, por hospedar pragas e doenças ou devido a ação alelopática (PITELLI, 1985). Estudos demonstram que a convivência das plantas daninhas com o sorgo pode causar reduções expressivas de produtividade, atingindo 70% para sorgo granífero (SILVA; PASSINI; VIANA, 1998) e 54% de redução para o sorgo forrageiro (KHARE et al., 1986).

Na matologia existem estudos sobre interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas que objetivam determinar os períodos críticos de convivência entre culturas e comunidades infestantes. Esses períodos foram definidos por Pitelli e Durigan (1984) como período anterior à interferência (PAI), período total de prevenção à interferência (PTPI) e período crítico de prevenção à interferência (PCPI), os quais, segundo Pitelli (1985), refletem a adequação das condições de implantação e manejo das culturas. O período crítico de interferência refere-se aos estádios de crescimento das culturas em que estas são mais vulneráveis à interferência imposta pelas plantas daninhas, ou seja, o período em que a cultura deve ser mantida livre da presença de plantas daninhas para prevenir perdas significativas no rendimento das culturas (KAVALIAUSKAITE; BOBINAS, 2006; CARVALHO et al., 2008).

Segundo Kramer e Ross (1975), nos estádios iniciais de desenvolvimento, as plantas de sorgo granífero são relativamente pequenas, frágeis e de crescimento lento. Estudos realizados por Rodrigues et al. (2010) e Burnside (1977) determinaram o PTPI, demonstrando que, para evitar reduções na produtividade da cultura do sorgo granífero, as plantas daninhas devem ser controladas até os 26 e 28 dias após a emergência, respectivamente. Andres et al. (2009) determinaram o PCPI da cultura do sorgo forrageiro com a comunidade infestante considerando o estágio de desenvolvimento da cultura, concluindo que o controle das plantas daninhas deve ser realizado no período entre a emissão da terceira e a da sétima folha. Os resultados dos estudos descritos acima sugerem que a cultura do sorgo sacarino também deve ser mantida livre da competição de plantas daninhas desde seus estádios iniciais de desenvolvimento.

Na avaliação das plantas daninhas presentes num ambiente agrícola, os chamados estudos fitossociológicos são utilizados para o entendimento da comunidade infestante e suas características dentro de um agroecossistema (BRAUN-BLANQUET, 1979). Esses estudos fornecem parâmetros específicos sobre as populações de plantas daninhas, como a frequência, densidade, dominância, e importância em relação à comunidade infestante. Portanto, o estudo fitossociológico é uma ferramenta que permite fazer várias inferências sobre a flora daninha em questão (ERASMO; PINHEIRO; COSTA, 2004; ADEGAS et al., 2010).

Pelo relatado, observa-se que há carência de estudos atuais abordando a interferência de plantas daninhas sobre a cultura do sorgo sacarino, o que se deve, provavelmente, a sua recente adoção pelo setor produtivo. Além disso, devido as características específicas do sorgo sacarino, os períodos de interferência para essa cultura devem ser diferentes dos até então relatados para os outros tipos de sorgo. O objetivo do trabalho foi determinar os períodos de interferência e índices fitossociológicos da comunidade infestante da cultura do sorgo sacarino.

Material e Métodos

O trabalho constituiu-se de dois experimentos conduzidos sequencialmente em foram conduzidos na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão - FEPE/UNESP, Jaboticabal – SP, cujas coordenadas geográficas são latitude 21°15'17"S, longitude 48°19'20"W e altitude de 590 metros. O solo, classificado como Latossolo Vermelho Escuro de textura argilosa, apresentou, em análise química, pH em CaCl₂ de 5,7; 40 g dm⁻³ de matéria orgânica; 73 mg dm⁻³ de P (resina); 3,8; 45; 18; 23; 51,8 e 89,8 mmolc dm⁻³ de K, Ca, Mg, H+Al, SB e CTC, respectivamente; e V% de 69. A semeadura do sorgo sacarino foi feita no dia cinco de dezembro de 2012 (experimento de verão), sendo a adubação realizada segundo a recomendação de Rajj et al. (1997) para a cultura do sorgo forrageiro. Para o experimento de outono, realizado no mesmo talhão, a semeadura foi realizada no dia quatro de março de 2013, sendo utilizada metade da dose de adubo recomendada para sorgo forrageiro, afim de evitar o fenômeno de acamamento.

Em ambos experimentos foi utilizado o híbrido de sorgo sacarino CVSW 80007 semeado no primeiro experimento em espaçamento entrelinhas de 0,80 m, sendo depositadas 13 sementes m⁻¹; e no espaçamento entrelinhas de 0,90 m e depositando 8 sementes m⁻¹ no segundo experimento. A emergência ocorreu, em média, seis dias após a semeadura e, aos 20 dias após a emergência, foi realizada a adubação nitrogenada em cobertura, com 110 kg ha⁻¹ de adubo NPK 36-00-12.

Os tratamentos foram distribuídos nas parcelas em delineamento experimental de blocos casualizados e em esquema fatorial 2 x 10 (experimento de verão) e 2 x 12 (experimento de outono), com 4 repetições. No experimento de verão, as parcelas foram compostas por 4 linhas de sorgo com 8 metros de comprimento, enquanto no de outono foram compostas por 4 linhas de sorgo com 6 metros de comprimento, sendo duas linhas laterais e um metro das extremidades considerados bordadura para ambos. Os tratamentos foram divididos em dois grupos. Em um grupo, a cultura permaneceu na presença das plantas daninhas desde a emergência até os períodos de convivência de 0, 4, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 56 e 68 dias a partir da emergência (DAE) no experimento de verão e de 0, 4, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 100 DAE no experimento de outono. Após cada período, as plantas daninhas foram removidas das parcelas por meio de capinas manuais, até a colheita. Num segundo grupo, a cultura

permaneceu na ausência de plantas daninhas, por meio de capinas manuais, da emergência até os mesmos períodos descritos anteriormente para o experimento de verão e para o de outono. Após esses períodos, as plantas daninhas conviveram com a cultura até a coleta do sorgo, aos 68 DAE no experimento de verão e aos 100 DAE no experimento de outono.

Estudos fitossociológicos da comunidade infestante foram realizados nos tratamentos com períodos crescentes de convivência com as plantas daninhas no experimento de verão e para os tratamentos em períodos em convivência e controle no experimento de outono. Dentro da área útil de cada parcela, a comunidade infestante foi amostrada utilizando um quadrado vazado de ferro de 0,25 m², o qual foi arremessado duas vezes em cada parcela experimental. As plantas daninhas foram coletadas, separadas por espécie e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65±2 °C até atingir massa constante. Os dados obtidos foram avaliados para a determinação dos índices de constância relativa, densidade relativa, dominância relativa, os quais foram utilizados para a determinação do índice de importância relativa propostos por Müeller-Dombois e Ellenberg (1974). Além disso, a diversidade das plantas daninhas em cada grupo e em cada época de semeadura foi mensurada pelos índices de diversidade e equitabilidade, propostos por Shannon-Wiener e citados por Carvalho et al. (2008).

A análise da equitatividade considera, basicamente, a participação percentual de cada população em uma determinada comunidade biótica. Os índices de diversidade são máximos quando todas as populações têm a mesma participação na comunidade, ou seja, a equitatividade das populações é máxima (PINTO-COELHO, 2000). Por outro lado, o índice de equitatividade tende a zero quando uma espécie domina amplamente a comunidade (DAJOZ, 2006).

No experimento de verão, as plantas de sorgo apresentaram desenvolvimento vigoroso e aos 68 DAE ocorreu o acamamento de todas as plantas. Nessa ocasião, foram coletadas as plantas de sorgo presentes em 1 m do centro de cada parcela, estas foram postas para secar até atingir massa seca constante. Os dados foram expressos em massa seca por planta e também extrapolados para toneladas por ha. No experimento de outono, a colheita ocorreu aos 100 DAE, quando foram coletadas as plantas de sorgo presentes nos 4 m centrais de cada parcela. Estas foram pesadas com o auxílio de uma

balança portátil com precisão de 20 g. Em cada parcela foi determinada a massa fresca ($t\ ha^{-1}$), massa fresca planta⁻¹, altura (m) e o diâmetro do colmo (mm). Nessa ocasião foi determinado o teor de Brix (%) dos tratamentos extremos (todo o cultivo na ausência ou presença de plantas daninhas). Nos dois experimentos, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Experimento de verão

Ao longo dos períodos de convivência das plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino cultivado no verão foram identificadas 19 espécies de plantas daninhas, pertencentes a 11 famílias botânicas (Tabela 1). Aos 68 dias após a emergência da cultura, a planta daninha com maior densidade foi *Cyperus rotundus* e a com maior acúmulo de biomassa foi *Commelina benghalensis*.

Tabela 1. Espécies de plantas daninhas presentes em todos os levantamentos fitossociológicos na cultura de verão de sorgo sacarino, híbrido CVSW 80007; e a densidade (plantas m⁻²) e massa seca (g m⁻²) das plantas presentes apenas no tratamento em que a cultura permaneceu na presença de plantas daninhas até os 68 dias desde sua emergência.

Família	Espécie	Densidade (plantas m ⁻²)	Massa seca (g m ⁻²)
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> Colla	3,50	2,98
	<i>Amaranthus</i> spp.	8,00	2,84
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i>	0,50	0,83
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	1,00	0,46
	<i>Xanthium strumarium</i> L.	-*	-
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	0,50	0,00
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	3,00	9,12
Convolvulaceae	<i>Ipomoea hederifolia</i> L.	-	-
	<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	-	-
	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	0,50	0,03
	<i>Ipomoea quamoclit</i> L.	-	-
	<i>Merremia aegyptia</i> L.	0,50	3,08
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	12,00	5,72
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	-	-
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	-	-
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	-	-
	<i>Digitaria nuda</i> (Schumach.)	7,00	2,96
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	2,00	0,45
	<i>Panicum maximum</i> (Jacq.) B.K.	1,50	0,31
	Simon & S.W.L. Jacobs	-	-
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	-	-

*Plantas não encontradas na avaliação da comunidade infestante no tratamento em que a cultura permaneceu na presença de plantas daninhas até o final da condução do experimento.

Na primeira avaliação, aos 4 dias após a emergência da cultura, não foram encontradas plantas daninhas nas amostragens. Durante os períodos avaliados, a população de *C. rotundus* foi a de maior importância relativa, seguida de *Digitaria nuda* e *Amaranthus* spp. (Figura 1). No entanto, a importância relativa da soma das outras plantas de menor importância foi superior que as demais em todos os períodos, indicando a diversidade de espécies infestantes.

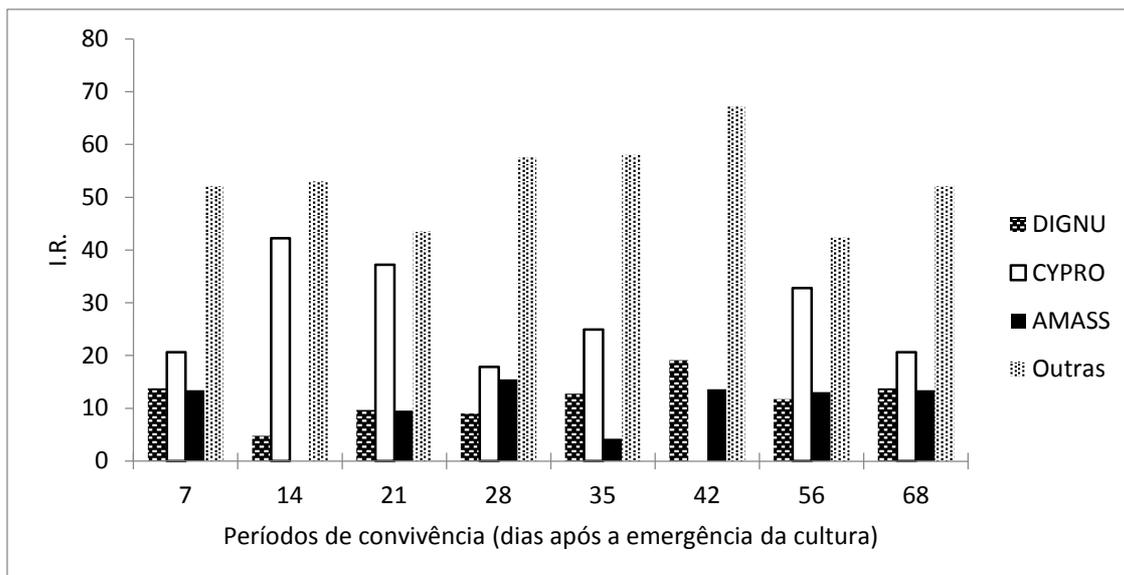


Figura 1. Importância relativa (I.R.) das principais populações de plantas daninhas presentes na cultura de sorgo sacarino híbrido CVSW 80007, cultivado no verão, em função dos períodos crescentes de convivência. DIGNU = *Digitaria nuda*; CYPRO = *Cyperus rotundus*; AMASS = *Amaranthus* spp.

A planta daninha *C. rotundus* pode competir durante todo o ciclo das culturas e, segundo Arévalo et al. (1996), o período mais crítico ocorre durante o desenvolvimento inicial das culturas. No presente experimento, a importância relativa dessa planta daninha foi superior à de outras plantas, mesmo em períodos mais longos de convivência (Figura 1).

O índice de diversidade estimado para importância relativa foi semelhante ao referente à densidade relativa. Isso evidencia que a importância relativa esteve mais relacionada ao número de indivíduos que ao acúmulo de massa seca (Figura 2a). Nos períodos de 7, 14 e 21 dias de convivência, o índice de equitabilidade referente à dominância relativa apresentou valores inferiores a 0,5, indicando que, durante esse período, um reduzido número de populações de plantas daninhas apresentou um acúmulo superior de massa seca em relação às demais (Figura 2b). Durante esses períodos, tais índices foram reduzidos devido ao destaque da tiririca em relação às demais plantas daninhas da comunidade (Figuras 1 e 2).

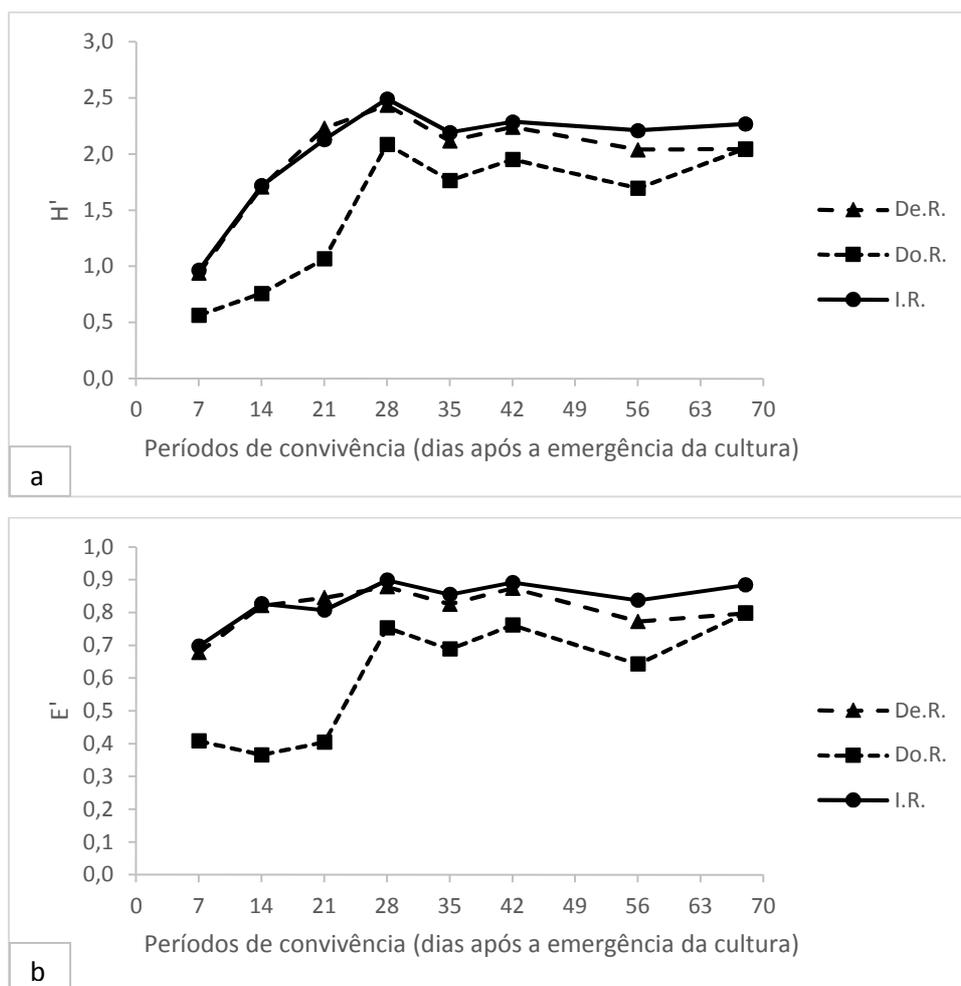


Figura 2. Índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') (a) e equitabilidade (E') (b) das populações componentes da comunidade infestante na cultura do sorgo sacarino, híbrido CVSW 80007, cultivado no verão, estimados para densidade relativa (De.R.), dominância relativa (Do.R.) e importância relativa (I.R.) em função dos períodos crescentes de convivência.

Foram observadas menores variações na equitabilidade da comunidade infestante entre os diferentes períodos de convivência quando os dados foram baseados na densidade relativa e na importância relativa das populações. Estas diferenças foram mais nítidas nos primeiros períodos de convivência, mas desaparecendo quase que por completo no período final do ciclo da cultura (Figura 2b).

A massa seca da parte aérea do sorgo sacarino, expressa por área ou por planta, não diferiu quando a cultura foi submetida a períodos crescentes de presença ou ausência de plantas daninhas, apresentando uma média de 14,8 t ha⁻¹ e 90,9 g planta⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Também não houve interação

entre os fatores manejo (presença ou ausência) e períodos dentro de cada manejo.

Estudando os períodos de interferência de *C. rotundus*, especificamente, com a cultura da cana de açúcar de “ano e meio”, Kuva et al. (2000), não encontraram interferência na produção de colmos quando essas daninhas foram controladas até os 22 dias após o plantio dos toletes da cultura, semeada em espaçamento de 1,5 m. No presente experimento, essa planta daninha foi a que apresentou maior importância relativa, sendo que a sua presença não acarretou em redução de massa seca. Os estudos levam a crer que essa planta daninha é incapaz de interferir no desenvolvimento e produtividade de culturas de grande porte, como o sorgo sacarino e a cana-de-açúcar, quando estas proporcionam o efeito de sombreamento.

Tabela 2. Massa seca (em t ha⁻¹ e g planta⁻¹) de sorgo sacarino híbrido CVSW 80007, cultivado no verão, submetido a períodos crescentes de presença ou ausência das plantas daninhas, aos 68 dias após a emergência da cultura.

Período de manejo (dias após a emergência)	Massa seca	
	(g planta ⁻¹)	(t ha ⁻¹)
<u>Presença de plantas daninhas</u>		
0	87,06	15,28
4	87,42	15,53
7	96,35	15,33
14	101,44	15,78
21	85,11	12,89
28	90,36	13,73
35	107,96	13,95
42	89,16	14,95
56	85,34	12,85
68	95,37	15,76
<u>Ausência de plantas daninhas</u>		
0	97,58	15,54
4	82,50	15,20
7	100,33	16,91
14	77,20	13,65
21	84,69	14,23
28	98,11	14,83
35	83,53	14,82
42	94,57	13,89
56	84,47	15,13
68	90,19	15,15
F (manejo)	0,914 ^{NS}	0,296 ^{NS}
F (período)	0,798 ^{NS}	0,676 ^{NS}
F (manejo x período)	1,304 ^{NS}	0,498 ^{NS}
CV (%)	16,66	18,42

^{NS}Não significativo pelo teste F a p = 0,05.

Experimento de outono

Foram encontradas mais de 22 espécies de plantas daninhas, pertencentes a 12 famílias, no decorrer das avaliações em períodos de convivência e controle (Tabela 3). No momento da colheita do sorgo sacarino que permaneceu na presença das mesmas desde sua emergência, a planta daninha que apresentava maior densidade e massa seca foi a *Alternanthera tenella*, com 15 plantas m⁻² e 33 g m⁻², respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Espécies de plantas daninhas presentes em todos os levantamentos fitossociológicos na cultura de outono de sorgo sacarino, híbrido CVSW 80007; e a densidade (plantas m⁻²) e massa seca (g m⁻²) das plantas presentes apenas no tratamento em que a cultura permaneceu na presença de plantas daninhas até a colheita.

Família	Espécie	Densidade (plantas m ⁻²)	Massa seca (g m ⁻²)
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> Colla	15,50	33,00
	<i>Amaranthus</i> spp.	2,50	0,04
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> D.C.	-*	-
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	-	-
	<i>Xanthium strumarium</i> L.	-	-
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	3,00	0,42
Convolvulaceae	<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	-	-
	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	0,50	0,29
	<i>Ipomoea quamoclit</i> L.	-	-
	<i>Merremia aegyptia</i> L.	-	-
Cyperaceae	<i>Merremia cissoides</i> (Lam.) Hall.	-	-
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	-	-
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	-	-
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	-	-
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	7,50	14,34
	<i>Mimosa pudica</i> L.	0,50	0,01
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetiifolia</i> (L.) R.Br.	1,00	0,04
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	-	-
	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	2,00	0,01
Poaceae	<i>Digitaria nuda</i> (Schumach.)	-	-
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	1,00	0,95
	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	1,00	4,39
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	-	-

*Plantas não encontradas na avaliação da comunidade infestante no tratamento em que a cultura permaneceu na presença de plantas daninhas durante todo o ciclo.

Na primeira avaliação fitossociológica, aos 4 dias após a emergência da cultura, também não foram encontradas plantas daninhas nas áreas amostradas no experimento de outono. Ao longo dos períodos de convivência do sorgo com as plantas daninhas, as populações de maior índice de importância relativa foram as de *A. tenella*, *P. oleracea* e *I. hirsuta* (Figura 3a). Nas primeiras avaliações (7, 14 e 21 dias de convivência), a planta de maior importância alternou entre *I. hirsuta* e *P. oleracea*. No entanto, a partir dos 28 dias, a *A. tenella* manteve-se como a espécie com maior índice de importância relativa da comunidade infestante.

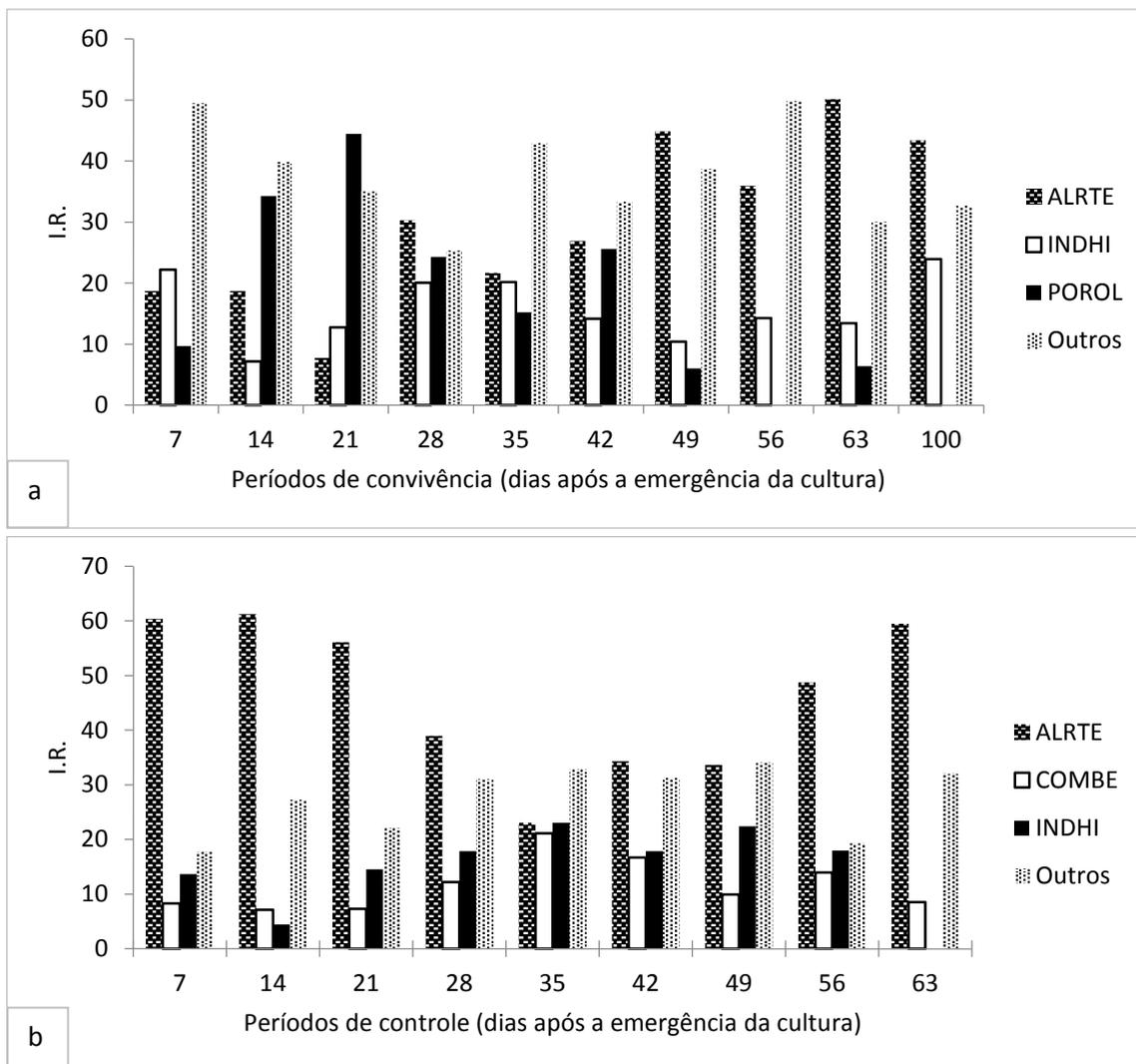


Figura 3. Importância relativa das principais populações de plantas daninhas presentes na cultura do sorgo sacarino, híbrido CVSW 80007, cultivado no outono, em função dos períodos crescentes de convivência (a) e controle (b). ALRTE = *Alternanthera tenella*; POROL = *Portulaca oleraceae*; COMBE = *Commelina benghalensis*; INDHI = *Indigofera hirsuta*.

Para os períodos de controle das plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino cultivado no outono, a espécie com maior índice de importância relativa foi a *A. tenella*, seguida de *I. hirsuta* e *C. benghalensis* (Figura 3b). Nos períodos de controle intermediários (28, 35, 42 e 49 dias após a emergência da cultura), *A. tenella* apresentou uma queda no índice de importância relativa e, proporcionalmente, as demais plantas apresentaram maior índice de importância em relação aos demais períodos avaliados.

Alternanthera tenella é uma planta daninha de importância crescente na agricultura, em virtude de sua rápida disseminação e do aumento de densidade

de infestação, especialmente no cerrado brasileiro (CANOSSA et al., 2008). É considerada uma espécie de emergência tardia no verão, geralmente não interferindo na fase inicial do ciclo das espécies cultivadas (CANOSSA et al., 2008). O mesmo ocorreu no presente experimento, quando a planta, devido seu hábito sazonal, não apresentou a expressiva importância relativa no verão quanto apresentou no outono.

Os índices de diversidade e equitabilidade referentes à densidade relativa foram semelhantes ao relacionados à importância relativa, ao longo dos períodos crescentes de convivência ou controle das plantas daninhas com a cultura do sorgo sacarino, assim como na safra de verão (Figuras 4 e 5). Portanto, a importância relativa esteve mais ligada ao número de indivíduos que ao acúmulo de massa seca. Esse comportamento da comunidade infestante prevaleceu durante todos os períodos e foi mais pronunciado nas plantas submetidas aos dois maiores períodos de presença e nos três menores períodos de ausência das plantas daninhas. Ou seja, quanto maior foi a pressão das plantas daninhas, maior a importância relativa da densidade das mesmas em comparação ao acúmulo de biomassa. Sendo assim, as plantas daninhas apresentaram pequeno porte, fato pode ter sido consequência da interferência exercida pelo sorgo sacarino.

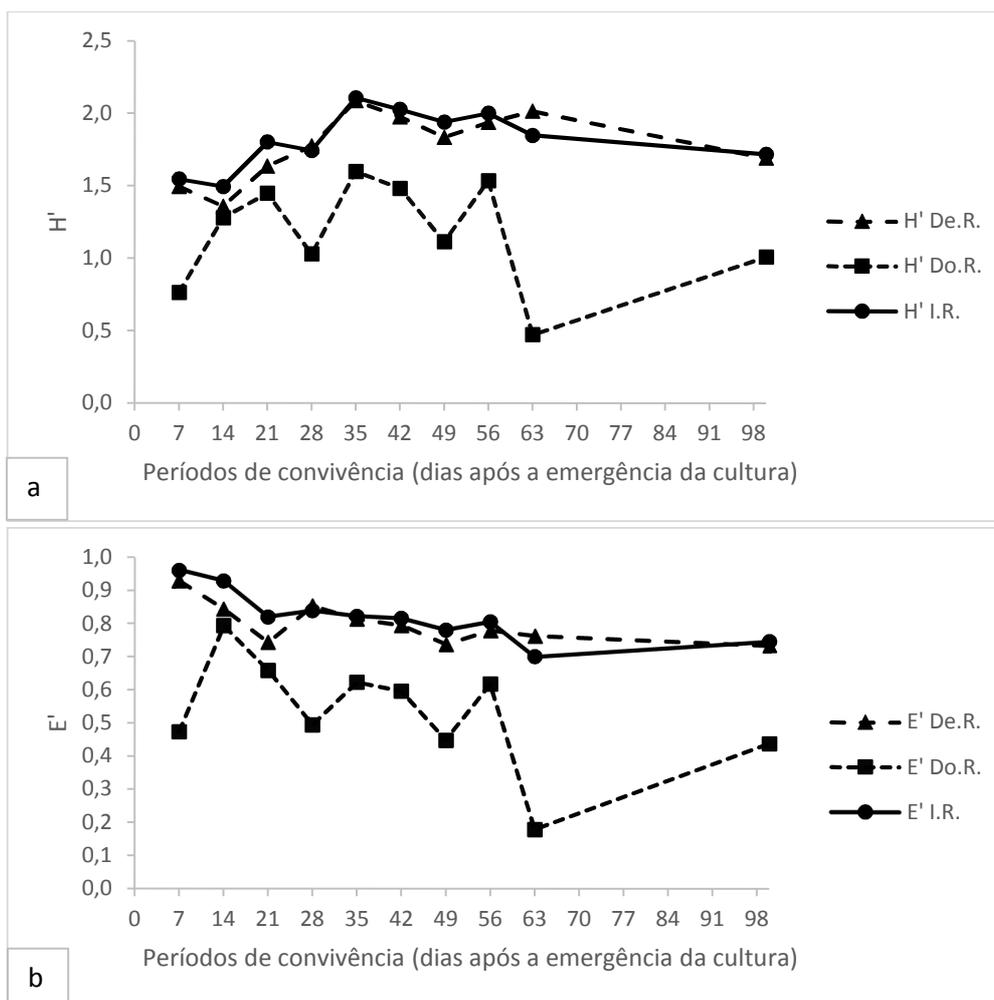


Figura 4. Índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') (a) e equitabilidade (E') (b) das populações componentes da comunidade infestante na cultura do sorgo sacarino, híbrido CVSW 80007, cultivado no outono, estimados para densidade relativa (De.R.), dominância relativa (Do.R.) e importância relativa (I.R.), em função dos períodos crescentes de convivência das plantas daninhas com a cultura.

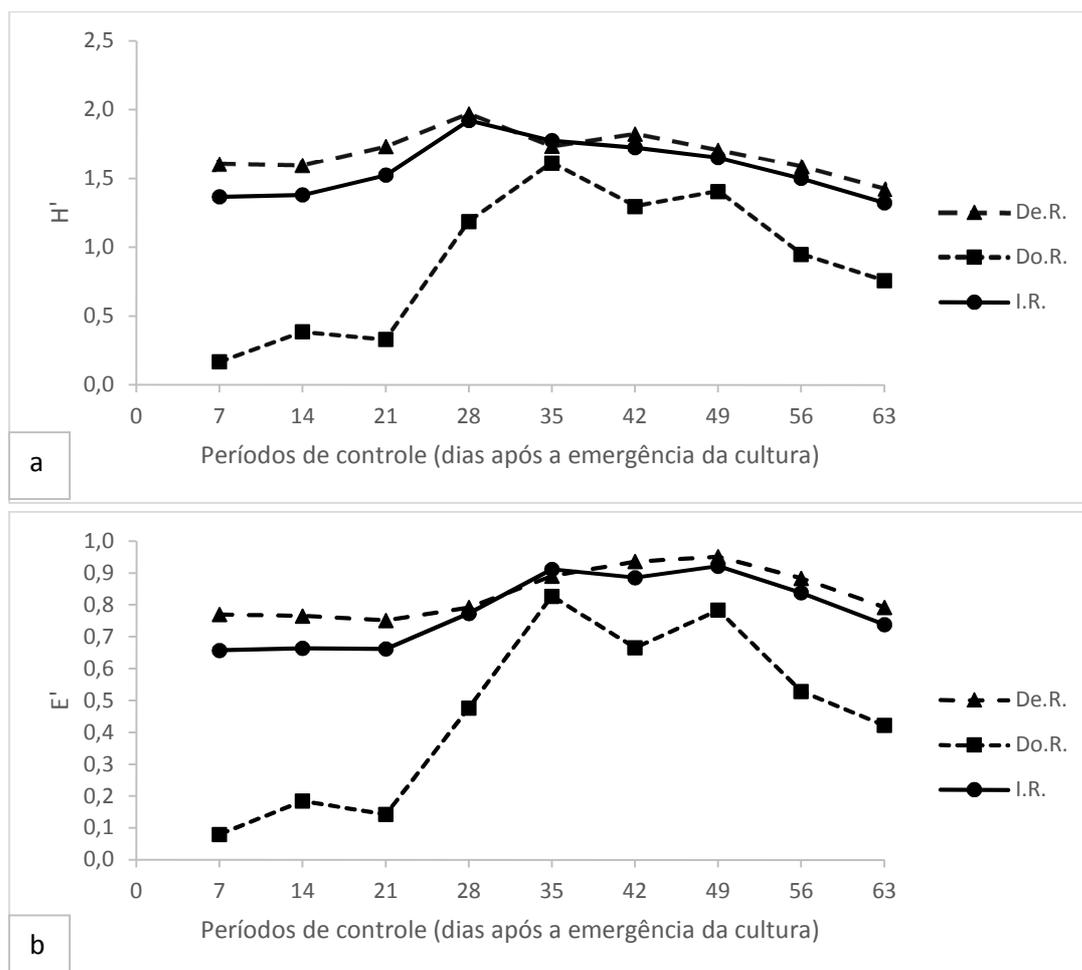


Figura 5. Índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e equitabilidade (E') das populações componentes da comunidade infestante na cultura do sorgo sacarino, híbrido CVSW 80007, cultivado no outono, estimados para densidade relativa (De.R.), dominância relativa (Do.R.) e importância relativa (I.R.), em função dos períodos crescentes de controle das plantas daninhas.

O predomínio do apaga-fogo dentro da comunidade infestante da cultura do sorgo sacarino, quando esta permaneceu na ausência de plantas daninhas até 7, 14 e 21 dias desde a emergência, proporcionou a redução dos índices de diversidade e equitabilidade (Figuras 3 e 5).

No momento da colheita, não houve diferença do teor de Brix ($F=0,08^{NS}$, $CV=19,24\%$) entre os tratamentos extremos (ausência ou presença de plantas daninhas durante todo o cultivo, 15,21% e 14,79%, respectivamente) do cultivo durante o outono.

A altura do sorgo sacarino não variou quando submetido aos períodos de presença ou ausência de plantas daninhas (Tabela 5). As plantas da cultura

apresentaram altura média de 2,06 m. O sorgo também não sofreu alteração em relação ao diâmetro do colmo, que ficou entre 14,8 e 16,1 mm. Em relação às variáveis massa fresca de colmo por planta e por hectare, o sorgo sacarino não apresentou diferença quando em diferentes períodos na presença ou ausência de plantas daninhas. De maneira geral, a produtividade de colmo por hectare apresentou média de 25,7 t.

Tabela 5. Altura de planta e diâmetro e produtividade de colmo (planta^{-1} e ha^{-1}) de sorgo sacarino híbrido CVSW 80007, cultivado no outono, submetido a diferentes períodos na presença ou na ausência de plantas daninhas, no momento da colheita.

Período de manejo (dias após a emergência)	Altura de planta (m)	Diâmetro do colmo (mm)	Massa fresca do colmo (g planta^{-1})	Produtividade de colmo (t ha^{-1})
Presença de plantas daninhas				
0	2,17	15,55	293,62	22,60
4	2,10	15,91	304,50	25,31
7	2,01	15,65	297,35	24,65
14	2,05	15,31	284,02	25,12
21	2,07	16,04	299,17	24,73
28	2,01	15,09	285,07	24,35
35	2,10	15,83	276,75	21,84
42	2,03	15,92	298,83	26,21
56	2,08	14,84	285,68	25,43
63	2,06	15,51	278,31	25,87
100	2,05	15,17	288,08	24,46
Ausência de plantas daninhas				
0	2,05	15,17	288,08	24,46
4	2,04	15,30	279,88	26,99
7	2,01	15,75	288,01	24,04
14	2,04	15,29	284,93	24,85
21	2,11	15,22	278,56	23,85
28	2,01	15,30	266,80	24,38
35	2,03	16,02	295,07	25,63
42	2,05	16,09	291,46	24,95
56	2,05	15,08	272,69	26,03
63	2,03	15,54	288,56	24,58
100	2,17	15,55	293,62	22,60
F (manejo)	0,468 ^{NS}	0,053 ^{NS}	1,925 ^{NS}	0,043 ^{NS}
F (período)	1,564 ^{NS}	0,854 ^{NS}	0,755 ^{NS}	0,490 ^{NS}
F (manejo x período)	1,161 ^{NS}	0,332 ^{NS}	0,943 ^{NS}	0,418 ^{NS}
CV (%)	3,82	6,11	6,82	15,00

^{NS}Não significativo pelo teste F a $p = 0,05$.

Apesar de Kramer e Ross (1975) salientarem o crescimento inicial lento do sorgo granífero e sua suscetibilidade à interferência causada pelas plantas daninhas, os resultados encontrados no presente experimento demonstram o contrário para o sorgo sacarino, que se mostrou extremamente competitivo, com rápido desenvolvimento. No caso do experimento conduzido no verão, esse fato acarretou em acamamento, fenômeno indesejado na agricultura. Tal desenvolvimento vegetativo e rusticidade pode ter levado à uma interferência não significativa das plantas daninhas sobre a cultura do sorgo sacarino nas duas épocas de semeadura.

Em ambos os experimentos, os índices de diversidade e equitabilidade referentes à densidade relativa, foram semelhantes ao relacionados à importância relativa, indicando que a importância relativa esteve mais ligada ao número de indivíduos que ao acúmulo de massa seca. Esse resultado pode ser explicado pelo rápido e superior crescimento apresentado pela cultura, a qual exerceu forte competição sobre as plantas daninhas, inibindo seu acúmulo de biomassa.

A presença das plantas daninhas não implicou em redução das características relacionadas à produtividade do sorgo sacarino, diferindo dos resultados observados por Khare et al. (1986) e Burnside (1977), que encontraram reduções superiores a 50% da produção de sorgo forrageiro e granífero, respectivamente.

Ao estudar os períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do sorgo granífero, Rodrigues et al. (2010) e Burnside (1977) definiram um PTPI de quatro semanas. Para o sorgo sacarino, no presente estudo, não foi possível determinar períodos de interferência devido à menor sensibilidade da cultura às plantas daninhas.

Nas duas épocas do ano (verão e outono), verificou-se que o híbrido de sorgo sacarino CVSW 80007 se mostrou extremamente competitivo, sendo que a interferência das plantas daninhas não acarretou em redução da produtividade da cultura.

Conclusão

Nas condições edafoclimáticas dos experimentos, o sorgo sacarino híbrido CVSW 80007, pôde conviver com uma comunidade infestante composta principalmente por *Cyperus rotundus* (em densidade de 12,0 plantas m⁻² e acúmulo de biomassa de 5,7 g m⁻² aos 68 dias após a emergência da cultura) e outra composta principalmente por *Alternanthera tenella* (em densidade de 15,5 plantas m⁻² e acúmulo de biomassa de 33,0 g m⁻² no momento da colheita do sorgo), por apresentar características de uma cultura sufocante.

Referências

ADEGAS, F. S.; OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, O. V.; PRETE, C. E. C.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do girassol. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 705-716, 2010.

ANDRES, A.; CONCENÇO, G.; SCHWANKE, A. M. L.; THEISEN, G.; MELO, P. T. B. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo forrageiro em terras baixas. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.229-234, 2009.

ARÉVALO, R. A. Recentes avanços em controle químico em controle químico de *Cyperus rotundus* (tiririca) em *Saccharum* spp (cana-de-açúcar). In: VI Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil – STAB, **Anais – STAB**, Maceió, p.356 - 360, 1996.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madri: H. Blume, 1979. 820 p.

BURNSIDE, O. C. Control of weeds in non-cultivated, narrow-row sorghum. **Agronomy Journal**, v.69, p.851-4,1977.

CANOSSA, R. S.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRACCINI, A. L.; BIFFE, D. F.; ALONSO, D. G.; BLAINSKI, E. Temperatura e luz na germinação das sementes de apaga-fogo (*Alternanthera tenella*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 745-750, 2008.

CARVALHO, L. B.; PITELLI, R. A.; CECÍLIO FILHO, A. B; BIANCO, S.; GUZZO, C. D. Interferência e estudo fitossociológico da comunidade infestante na cultura da beterraba transplantada. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 30, n. 3, p. 325-331, 2008.

DAJOZ, R. **Princípios de Ecologia**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 519p.

EMBRAPA, CENTRO NACIONAL DE MILHO E SORGO. **Boletim agrometeorológico ano agrícola**. Sete Lagoas, 2004.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção

de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 195-201, 2004.

KAVALIAUSKAITE, D.; BOBINAS, C. Determination of weed competition critical period in red beet. **Agronomy Research**, v.4, Special issue, p.217-220, 2006.

KHARE, P. D.; SHARMA, S. M.; TIWARI, D. P.; RATHORE, R. S. Nutrients uptake by forage sorghum and weeds as affected by herbicides. **Indian Journal of Weed Science**, v.18, p.231-237, 1986.

KRAMER, N. W.; ROSS, W. M. Cultivo de sorgo granífero en Estados Unidos. In: WALL, J.S. (Comp.) **Producción y usos del sorgo**. Buenos Aires: Hemisfério Sur, 1975. p.93-111.

KUVA, M. A.; PITELLI, R. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; ALVES, P. L. C. A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 241-252, 2000.

MÜELLER-DOMBOIS D, ELLENBERG H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974.

OLIVEIRA, M. **Pesquisa FAPESP**, ed. 193, março de 2012. Disponível no site: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/03/23/op%C3%A7%C3%A3o-produtiva/>. Acesso em março de 2012.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, p. 87-88, 2000.

PITELLI, R. A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. **Jornal Conserb**, v. 1, n. 2, p. 1-7, 2000.

PITELLI, R. A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, n.129, p.16-27, 1985.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Piracicaba: SBHED, 1984. p.37.

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. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RODRIGUES, A. C. P.; COSTA, N. V.; CARDOSO, L. A.; CAMPOS, C. F.; MARTINS, D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.28, n.1, p.23-31, 2010.

SILVA, J. B., PASSINI, T., VIANA, A. C. Controle de plantas daninhas na cultura do sorgo. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). **Recomendações para o cultivo do sorgo**. Sete Lagoas, 1998. p.41- 44 (EMBRAPA – CNPMS. Circular Técnica, 1).

CAPÍTULO 3 - Interferência entre sorgo sacarino e espécies de plantas daninhas em vasos

Resumo - As espécies do gênero *Sorghum* apresentam elevado potencial competitivo e alelopático. O objetivo do trabalho foi analisar a competitividade de quatro híbridos de sorgo sacarino sob alta infestação de plantas daninhas. Para tanto, foi instalado um experimento em vasos, seguindo um esquema fatorial 5 x 6, com quatro híbridos de sorgo sacarino (CVSW 81198, CVSW 80007, CVSW 80147 e XBSW 82158) e cinco espécies de plantas daninhas (*Cyperus rotundus*, *Mucuna aterrima*, *Brachiaria decumbens*, *Ipomoea hederifolia* e *Digitaria nuda*), além das testemunhas sem convivência. As plantas daninhas foram semeadas em maior densidade que a cultura, numa proporção 3:10. Foram realizadas avaliações morfofisiológicas nas plantas de sorgo sacarino aos 32 e 49 dias após a semeadura. Para tanto, a cultura foi avaliada quanto o número de folhas, a altura e o diâmetro do caule; sendo que na primeira avaliação, ainda foram mensurados a máxima eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m) e o teor relativo de clorofila. Na segunda avaliação, foram determinadas as massas secas das plantas de sorgo e das daninhas. *Mucuna aterrima*, foi a única planta daninha que não teve sua massa seca alterada pela presença dos híbridos de sorgo. Os híbridos de sorgo sacarino não sofreram interferência pela maioria das plantas daninhas; no entanto, quando conviveram com uma planta altamente competitiva, a *M. aterrima*, em elevada densidade, tiveram seu desenvolvimento e acúmulo de massa seca prejudicados.

Palavras-chave: competição interespecífica, *Sorghum bicolor*, *Mucuna aterrima*.

Introdução

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma gramínea de grande versatilidade, com diversos cultivares para diferentes finalidades de uso. Apresenta grande produção de massa verde, porte alto e colmos suculentos com elevados teores de açúcares fermentáveis no caldo (SOUZA, 2011). Conforme

Nan, Best e Carvalho Neto (1994), genótipos de sorgo que apresentam alto teor de umidade no colmo na maturidade e apresentam acima de 8 °Brix no caldo são chamados de sorgo sacarino.

O sorgo é uma espécie de metabolismo C4 com grande eficiência na utilização da radiação solar, com taxas de fotossíntese que vão de 30 a 100 mg dm⁻² h⁻¹ CO₂, dependendo do material genético, intensidade de luz e da idade das folhas (MAGALHÃES e DURÃES, 2003). É considerada uma das espécies de maior resistência à seca, pois apresenta eficiente sistema radicular, com maior número de raízes secundárias (MARTIN et al., 1930) e eficaz manutenção do conteúdo de água por meio do fechamento dos estômatos, que ocorre em maior potencial de água quando comparado à cultura do milho (SANCHEZ-DIAZ e KRAMER, 1971). A cultura do sorgo sacarino tem se destacado por também apresentar alta tolerância ao alumínio tóxico no solo e à salinidade, possibilitando seu cultivo em áreas consideradas marginais à agricultura (AMADUCCI; MONTI; VENTURI, 2004; PRASAD et al., 2007; VASILAKOLOGLOU et al., 2011).

A cultura do sorgo está sujeita a uma série de fatores que podem influenciar o seu desenvolvimento e produção. Entre eles, as plantas daninhas, que podem promover perdas na produtividade devido à competição por fatores limitados no meio (luz, nutrientes e água), além de atuarem como hospedeiras de pragas e doenças e exercerem pressão de natureza alelopática (PITELLI, 1985).

O conhecimento da capacidade de interferência de plantas daninhas sobre as culturas é importante na tomada de decisão para realização do controle (VIDAL et al., 2004). Vários fatores influenciam a intensidade de competição entre as plantas cultivadas e as plantas daninhas. Segundo modelo de Bleasdale (1960), adaptado por Pitelli (1985), eles referem-se, entre outros, à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição), e à cultura (características da espécie ou variedade, espaçamento e densidade de plantio).

Uma vez que o sorgo sacarino apresenta alta tolerância às plantas daninhas e elevado potencial alelopático, espera-se que, mesmo em ambiente confinado e sob alta infestação, ele não sofra interferência pela maioria das espécies de plantas daninhas. O objetivo do trabalho foi analisar o desenvolvimento inicial do sorgo sacarino sob alta infestação de plantas daninhas, em vasos.

Material e Métodos

O experimento foi instalado e conduzido em vasos de 7 L, preenchido com uma mistura de 75% de solo do tipo Latossolo Vermelho Escuro e 25% de areia de rio, sendo a mistura peneirada em malha de 5 mm. A análise química desse substrato apresentou os seguintes resultados: pH em CaCl₂ de 5,3; 52 g dm⁻³ de matéria orgânica; 74 mg dm⁻³ de P (resina); 4,1; 36; 10; 21; 50,1 e 89,8 mmol dm⁻³ de K, Ca, Mg, H+Al, SB e CTC, respectivamente; e V de 60%. Para a adequação do substrato quanto à nutrição, foi aplicado 0,6 g da formulação 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O) por parcela. A adubação de cobertura foi realizada com a aplicação de 0,4 g de ureia por vaso, 30 dias após a emergência da cultura do sorgo sacarino (Raij et al., 1997).

O experimento foi instalado no delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 6, com quatro repetições, sendo os tratamentos: quatro híbridos de sorgo sacarino (CVSW 81198, CVSW 80007, CVSW 80147 e XBSW 82158) e cinco espécies de plantas daninhas (*Cyperus rotundus* L., *Mucuna aterrima* Piper & Tracy (mucuna preta), *Brachiaria decumbens* Stapf (Prain) (capim-braquiária), *Ipomoea hederifolia* L. (corda-de-viola), *Digitaria nuda* (Schumach.) (capim-colchão), além das testemunhas de híbridos e plantas daninhas isoladas. Cada vaso constituiu-se de uma parcela experimental, onde semeou-se um híbrido de sorgo sacarino e uma espécie de planta daninha. Após a emergência das plantas, foi realizado desbaste, para a manutenção de três plantas de sorgo sacarino e dez plantas daninhas em cada parcela. Com essa elevada densidade de plantas daninhas é possível avaliar a competitividade dos diferentes híbridos de sorgo sacarino.

O sorgo sacarino e as espécies de plantas daninhas, *I. hederifolia* e *D. nuda*, levaram cinco dias, após a semeadura, para emergirem, enquanto *C. rotundus*, *M. aterrima* e *B. decumbens* emergiram após dez dias.

Foram realizadas avaliações morfofisiológicas nas plantas de sorgo sacarino aos 32 e 49 dias após a semeadura (DAS). Para tanto, foram avaliados o número de folhas, a altura e o diâmetro do caule; sendo que na primeira avaliação, ainda foram mensurados a máxima eficiência fotoquímica do

fotossistema II (F_v/F_m) e o teor relativo de clorofila (TRC), também chamado de índice SPAD (“Soil and Plant Analyzer Development”).

A avaliação da eficiência fotoquímica do fotossistema II, por meio da fluorescência da clorofila a (F_v/F_m) foi realizada por meio de um fluorômetro portátil de luz modulada (PEA, Hansatech). Para se obter as leituras de F_v/F_m , utilizou-se de cliques especiais para o escurecimento da folha +1 por 30 minutos e posteriormente obtido o valor da variável, segundo a metodologia de Maxwell e Johnson (2000). F_v é a fluorescência variável, sendo calculada através da diferença entre a máxima e mínima intensidade de fluorescência do fotossistema II (FSII): $F_v = F_m - F_0$, onde F_m é a máxima intensidade da fluorescência em que todas as reações do FSII se fecham e F_0 é a mínima intensidade de fluorescência, quando os centros de reações do FSII estão abertos.

O teor relativo de clorofila (TRC) foi obtido utilizando-se um clorofilômetro portátil (ClorofiLog, Falker), que mede a transmitância luminosa da folha em comprimentos de onda vermelho e infravermelho, criando uma leitura que indica o verdor da folha, estimando o conteúdo de clorofila (LOMBARD et al., 2010). As leituras foram realizadas nos terços superior, médio e inferior da folha +1, sendo posteriormente obtida a média geral das diferentes partes da folha, seguindo metodologia utilizada por Arantes et al. (2013). A leitura da fluorescência da clorofila e do índice SPAD foram realizadas entre as 8 e 10 horas da manhã.

Aos 49 DAS, também foi realizada uma avaliação destrutiva, quando as plantas de sorgo e as daninhas foram cortadas rente ao solo, separadas e levadas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C para a obtenção da massa seca. Para a avaliação dos efeitos dos tratamentos sobre a massa seca das plantas daninhas, não foi realizada uma análise em fatorial, para não haver uma comparação entre espécies. Nesse caso, os tratamentos foram compostos apenas pela convivência com híbridos de sorgo mais uma testemunha sem convivência.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Não houve interação entre os fatores espécies de plantas daninhas e híbridos de sorgo sacarino para as avaliações morfofisiológicas e não destrutivas realizadas na cultura aos 32 e 49 DAS (Tabelas 1 e 2).

O número de folhas do sorgo variou de acordo a planta daninha presente aos 32 e 49 DAS e, em ambas as avaliações, os híbridos apresentaram redução do número de folhas quando conviveram com plantas de *M. aterrima* (Tabelas 1 e 2). Na comparação entre híbridos, o CVSW 80007 apresentou menor número de folhas quando comparado ao XBSW 82158, aos 32 DAS.

Quando a cultura conviveu com as plantas daninhas *C. rotundus* e *M. aterrima*, ela apresentou maior altura em comparação com a testemunha sem mato, durante a primeira avaliação (Tabela 1). Já na segunda avaliação, o sorgo sacarino não variou em altura, após a convivência com diferentes espécies daninhas (Tabela 2). Aos 32 e 49 DAS, os híbridos de sorgo sacarino CVSW 81198 e XBSW 82158, apresentaram as maiores alturas de plantas, dentre os materiais avaliados (Tabelas 1). Aos 49 DAS, não houve diferença significativa entre o XBSW 82158 e os demais híbridos (Tabela 2).

Os híbridos de sorgo sacarino apresentaram redução no diâmetro do caule, quando em convivência com elevada densidade de *M. aterrima*, em ambos períodos de avaliação (Tabela 1 e 2). Os quatro híbridos de sorgo sacarino não diferiram entre si, para a variável diâmetro do caule, tampouco para TRC (Tabela 1 e 2). Não houve variação do TRC e da eficiência fotoquímica do FSII (F_v/F_m) para o sorgo sacarino, ao conviver com diferentes plantas daninhas. Já para o fator híbrido houve diferença entre os materiais quanto a máxima eficiência quântica do FSII, sendo que o híbrido CVSW 81198 apresentou valores estatisticamente superiores ao observado com o CVSW 80007 (Tabela 1). Esse resultado demonstra que as espécies de plantas daninhas não interferiu significativamente na atividade fotossintética da cultura do sorgo sacarino.

Tabela 1. Avaliação morfofisiológica (número de folhas, altura, diâmetro do caule, teor relativo de clorofila (TRC) e máxima eficiência fotoquímica do FSII (F_v/F_m) de híbridos de sorgo sacarino, submetidos à convivência com diferentes plantas daninhas, 32 DAS.

Sorgo sacarino aos 32 DAS					
Planta daninha	Número de folhas	Altura (cm)	Diâmetro do caule (mm)	TRC	F_v/F_m
<i>C. rotundus</i>	5,50 A ¹	6,43 A	3,13 A	29,12 A	0,681 A
<i>M. aterrima</i>	3,90 C	6,30 A	2,08 C	26,53 A	0,651 A
<i>B. decumbens</i>	5,29 AB	5,24 ABC	2,60 ABC	25,45 A	0,658 A
<i>I. hederifolia</i>	5,21 AB	5,96 AB	2,85 AB	28,33 A	0,708 A
<i>D. nuda</i>	4,72 B	4,29 C	2,45 BC	26,06 A	0,681 A
Ausência	4,99 AB	4,82 BC	2,95 AB	26,72 A	0,707 A
DMS	0,652	1,437	0,619	4,44	0,069
Híbrido de sorgo sacarino	Número de folhas	Altura (cm)	Diâmetro do caule (mm)	TRC	F_v/F_m
CVSW 81198	4,92 AB	6,25 A	2,48 A	27,55 A	0,704 A
CVSW 80007	4,74 B	4,51 B	2,51 A	27,32 A	0,652 B
CVSW 80147	4,83 AB	5,08 B	2,63 A	25,11 A	0,686 AB
XBSW 82158	5,26 A	6,18 A	2,79 A	28,16 A	0,681 AB
DMS	0,479	1,054	0,454	3,257	0,05
F (daninhas)	13,217**	6,17**	5,98**	1,71 ^{NS}	2,04 ^{NS}
F (híbridos)	3,102*	9,07**	1,56 ^{NS}	2,31 ^{NS}	2,47*
F (interação)	0,547 ^{NS}	1,19 ^{NS}	1,50 ^{NS}	1,10 ^{NS}	1,01 ^{NS}
CV%	12,76	25,21	23,03	15,86	9,75

DAS: dias após a semeadura; ¹Média seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F ($p>0,05$); ** e *: $p<0,01$ e $0,05$ pelo teste F, respectivamente; ^{NS}não significativo ($p>0,05$).

Tabela 2. Avaliação morfofisiológica de híbridos de sorgo sacarino, aos 49 dias após a semeadura (DAS), submetidos à convivência com diferentes plantas daninhas.

Sorgo sacarino aos 49 DAS			
Planta daninha	Número de folhas	Altura (cm)	Diâmetro do caule (mm)
<i>Cyperus rotundus</i>	5,10 A ¹	8,87 A	4,34 A
<i>Mucuna aterrima</i>	3,58 B	7,77 A	2,53 B
<i>Brachiaria decumbens</i>	5,20 A	7,31 A	3,70 A
<i>Ipomoea hederifolia</i>	5,58 A	8,75 A	4,22 A
<i>Digitaria nuda</i>	5,28 A	6,80 A	3,60 AB
Ausência	5,85 A	7,51 A	3,67 A
DMS	0,84	2,42	1,13
Híbrido de sorgo sacarino	Número de folhas	Altura (cm)	Diâmetro do caule (mm)
CVSW 81198	5,01 A	9,07 A	3,74 A
CVSW 80007	4,95 A	6,81 B	3,47 A
CVSW 80147	5,07 A	7,15 B	3,76 A
XBSW 82158	5,36 A	8,32 AB	3,73 A
DMS	0,62	1,78	0,83
F (daninhas)	15,17**	1,96 ^{NS}	5,52**
F (híbridos)	1,20 ^{NS}	4,82**	0,39 ^{NS}
F (interação)	1,00 ^{NS}	0,69 ^{NS}	0,57 ^{NS}
CV%	15,95	29,83	29,73

DAS: dias após a semeadura; ¹Média seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F ($p>0,05$); ** e *: $p<0,01$ e $0,05$ pelo teste F, respectivamente; ^{NS}não significativo ($p>0,05$).

A espécie *M. aterrima* se desenvolveu muito mais do que as demais, acumulando massa seca em mais de quatro vezes, se comparada com *B. decumbens* (Tabela 3).

M. aterrima, foi a única planta daninha que não teve sua massa seca alterada pela presença dos híbridos de sorgo sacarino (Tabela 3). *C. rotundus* e *B. decumbens* sofreram redução da massa seca acumulada com a presença da cultura para todos os híbridos testados (Tabela 3). A interferência proporcionada pelos híbridos de sorgo sacarino CVSW 80147 e XBSW 82158 causou a redução da massa seca de *I. hederifolia*. Para *D. nuda*, a interferência sobre esta variável ocorreu com o híbrido CVSW 80007.

Tabela 3. Massa seca das plantas daninhas presentes na parcela, aos 49 dias após a semeadura, após conviverem com diferentes híbridos de sorgo sacarino.

	Massa seca (g) das plantas daninhas parcela ⁻¹				
	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Mucuna aterrima</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Ipomoea hederifolia</i>	<i>Digitaria nuda</i>
Sem sorgo	3,49 A ¹	14,60 A	3,91 A	1,36 A	2,23 A
CVSW 81198	2,29 B	13,17 A	1,69 B	0,94 AB	1,22 AB
CVSW 80007	2,09 B	12,17 A	2,06 B	0,91 AB	0,81 B
CVSW 80147	2,42 B	14,01 A	1,62 B	0,66 B	1,24 AB
XBSW 82158	1,87 B	12,74 A	1,82 B	0,77 B	1,18 AB
F	18,06**	2,27NS	6,48**	5,64**	3,56**
CV%	12,09	9,71	33,88	24,17	40,40

DAS: dias após a semeadura; ¹Média seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); ** e *: $p < 0,01$ e $0,05$ pelo teste F, respectivamente; NS não significativo ($p > 0,05$).

Para a massa seca de parte aérea, folhas e caule dos híbridos de sorgo sacarino, convivendo com diferentes plantas daninhas, houve significância para o fator planta daninha e interação entre os fatores híbridos de sorgo vs. planta daninha (Tabela 4). Para essas variáveis, o teste de variância não se mostrou significativo para o fator híbrido de sorgo sacarino.

Dentre as cinco espécies de plantas daninhas que conviveram com a cultura do sorgo sacarino, *C. rotundus*, *I. hederifolia* e *D. nuda* não causaram redução da sua massa seca da parte aérea; o mesmo se aplica para as variáveis massa seca da folha ou do caule (Tabela 4). *M. aterrima* causou redução da massa seca da parte aérea do sorgo sacarino, em ambos folhas e caule. Para a massa seca de parte aérea e das folhas, *B. decumbens* também causou redução à cultura, mas não de forma tão agressiva quanto *M. aterrima*.

Tabela 4. Massa seca dos híbridos de sorgo sacarino em cada parcela, 49 dias após a semeadura, submetidos à convivência com diferentes plantas daninhas.

Planta daninha	Massa seca (g) de sorgo sacarino		
	Parte aérea	Folhas	Caule
<i>Cyperus rotundus</i>	2,16 A	1,40 A	0,76 A
<i>M. aterrima</i>	0,65 C	0,28 C	0,37 B
<i>B. decumbens</i>	1,39 B	0,86 B	0,54 AB
<i>I. hederifolia</i>	2,20 A	1,43 A	0,77 A
<i>Digitaria nuda</i>	1,71 AB	1,10 AB	0,60 AB
Ausência	1,95 A	1,23 A	0,71 A
DMS	0,55	0,34	0,24
Híbrido de sorgo	Parte aérea	Folhas	Caule
CVSW 81198	1,59 A	1,01 A	0,58 A
CVSW 80007	1,62 A	1,02 A	0,60 A
CVSW 80147	1,83 A	1,15 A	0,67 A
XBSW 82158	1,67 A	1,02 A	0,65 A
DMS	0,40	0,25	0,05
F (daninhas)	19,41**	27,34**	7,41**
F (híbridos)	0,97 ^{NS}	1,04 ^{NS}	0,90 ^{NS}
F (interação)	2,37**	2,21*	2,67**
CV%	31,68	31,31	36,73

DAS: dias após a semeadura; ¹Média seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F ($p>0,05$); ** e *: $p<0,01$ e $0,05$ pelo teste F, respectivamente; ^{NS}não significativo ($p>0,05$).

Segundo Silva et al. (2014), a ausência de controle da comunidade infestante, durante o ciclo da cultura, afetou negativamente a altura e diâmetro do caule das plantas de sorgo, com redução de aproximadamente 9% comparada à testemunha limpa. No presente estudo, resultado semelhante foi encontrado aos 32 DAS, quando a convivência de *D. nuda* causou redução da altura do sorgo sacarino; porém a presença de *M. aterrima* e *C. rotundus*, as plantas daninhas que mais acumularam massa seca, promoveu estímulo no crescimento em altura do sorgo, causando o fenômeno do estiolamento. Nesse período e aos 49 DAS, a única planta que causou redução no diâmetro do caule foi a *M. aterrima* (45 e 42%, respectivamente); conseqüentemente o caule também apresentou redução na massa seca (48%, em comparação com a ausência de daninhas).

Duas plantas daninhas de mesmo ciclo fotossintético C4 apresentaram comportamentos distintos de competição. Apesar de *C. rotundus* ter acumulado mais matéria seca que *B. decumbens*, ela não causou redução da matéria seca

de sorgo sacarino como *B. decumbens*, uma agressiva planta perene exclusivamente tropical, que estava em pleno desenvolvimento vegetativo aos 49 DAS, diferente de *C. rotundus*, que apresentava inflorescência nesse período.

Houve uma grande formação de massa seca pela espécie *M. aterrima*. Segundo Favero et al. (2001), *M. aterrima* possui alto potencial de supressão de plantas daninhas devido seu crescimento inicial extremamente rápido: 58 dias após a emergência tem-se cobertura de 99% da superfície do solo. Akobundu e Polku (1984), observaram que, em dezenove semanas, a mucuna (*Mucuna utilis*) conseguiu cobrir completamente uma área infestada por capim-sapé (*Imperata brasiliensis*). Da mesma forma que esta planta promove o controle de plantas espontâneas, está seu potencial como planta daninha, atuando da mesma forma contra a cultura, após a emergência indesejada, antropologicamente.

Além dessas características competitivas mencionadas a respeito da *M. aterrima*, a capacidade de interferência desta planta daninha tem sido relacionada também pelo seu alto potencial alelopático. Segundo Lorenzi (1984), a mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) exerce forte e persistente ação inibitória sobre a tiririca (*Cyperus rotundus*) e o picão-preto (*Bidens pilosa*). Aos 120 dias após a emergência da mucuna-preta, Medeiros (1989) não verificou presença de outras espécies, atribuindo isto a efeitos alelopáticos.

Segundo Passini, Silva e Moraes. (1986), o lento desenvolvimento do sorgo nos primeiros estádios de crescimento torna-o mais susceptível à competição pelas plantas daninhas, uma vez que estas apresentam rápida germinação e emergência, recrutando primeiro os fatores de crescimento. Apesar disso, no presente estudo, as plantas daninhas *M. aterrima* e *B. decumbens* levaram mais tempo para emergir se comparado ao sorgo, e foram as que mais causaram interferência na cultura do sorgo sacarino. Além disso, a maioria das plantas daninhas estudadas não interferiram nas avaliações morfofisiológicas da cultura do sorgo sacarino.

Os híbridos de sorgo sacarino não sofreram interferência pela maioria das plantas daninhas; no entanto, quando conviveram com *M. aterrima*, em elevada densidade, tiveram seu desenvolvimento e acúmulo de massa seca, prejudicados.

Referências

- AKOBUNDU, LO.; J.A. POKU. Control of *Imperata cylindrica*. In: **International Institute of Tropical Agriculture, Annual Report for 1983**, p. 175-176. Ibadan, Nigeria. 1984.
- AMADUCCI, S.; MONTI, A.; VENTURI, G. Nonstructural carbohydrates and fibre components in sweet and fibre sorghum as affected by low and normal input techniques. **Industrial Crops Products**, v.20, p.111-118, 2004.
- ARANTES, M.T.; RHEIN, A. F. L.; PINCELLI, R.P.; SILVA, M. A. Respostas fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas seletivos. **Biosciences Journal**, v. 29, n. 5, p. 1206-1214, 2013.
- BLEASDALE, J. K. Studies on plant competition. In: HARPER, J. L. (Ed.). **The biology of weeds**. Oxford: Blackweek Scientific, 1960. p. 133-142.
- FAVERO, C.; JUCKSCH, J.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, 2001.
- LOMBARD, K.; O'NEILL, M.; MEXAL, J.; ULERY, A. ONKEN, B.; BRETTMANN, GREG; HEYDUCK, R. Can soil plant analysis development values predict chlorophyll and total Fe in hybrid poplar? **Agroforestry Systems**, v. 78, n. 1, p 1-11, 2010.
- LORENZI, H. Inibição alelopática de plantas daninhas. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.183-198.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da produção de sorgo. Sete Lagoas**: EMBRAPA CNPMS, 2003. 4 p. (EMBRAPA-CNPMS. Comunicado técnico, 87).
- MARTIN, J. H. The comparative drought resistance of sorghums and corn. **J. Amer. Soc. Agron.**, v. 22, n. 12, p. 993-1003, 1930.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of experimental botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.
- MEDEIROS, A. R. M. de. **Determinação de potencialidades alelopáticas em agroecossistemas**. 1989. 92p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1989.
- NAN, L.; BEST, G.; CARVALHO NETO, C. C. **Integrated energy systems in China - The cold Northeastern region experience**. Rome: FAO, 1994, 475 p.
- PASSINI, T.; SILVA, J. B.; MORAIS, A. R. Efeitos da competição de plantas daninhas na cultura do sorgo granífero *Sorghum bicolor* (L.) Moench. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1988. p. 446-453 (EMBRAPA/CNPMS. Documentos, 6).

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Inf. Agropec.**, v. 11, n. 129, p. 16-17, 1985.

PRASAD, S.; SINGH, A.; JAIN, N.; JOSHI, H. C. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India. **Energy and Fuels**, v. 21, p. 2415-2420, 2007.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

SANCHEZ-DIAZ, M. F.; KRAMER, P. J. Behavior of corn and sorghum under water stress and during recovery. **Plant Physiol.**, v. 48, n. 5, p. 613-616, 1971.

SILVA, C. SILVA, A. F.; VALE, W. G.; PETTER, F. A.; MAY, A.; KARAM, D. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 438-445, 2014

SOUZA, V. F. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino**. 2011. 53 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG, 2011.

VIDAL, R. A.; SPADER, V.; FLECK, N. G.; MEROTO JR., A. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 63-69, 2004.

VASILAKOLOGLOU, I.; DHIMA, K.; KARAGIAMNIDIS, N.; GATSI, T. Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 120, p. 38-46, 2011.

CAPÍTULO 4 - ALELOPATIA DE EXSUDADOS DE SORGO SACARINO E A PRODUÇÃO DE SORGOLEONE EM EXTRATO DE *Abutilon theophrasti*.

Subcapítulo 4.1 - Potencial alelopático de exsudado radicular de sorgo sacarino

Resumo - O trabalho teve por objetivo estudar o efeito do exsudado de quatro híbridos de sorgo sacarino sobre a germinabilidade e desenvolvimento de plântulas teste. Foram realizados dois bioensaios para verificar o potencial alelopático de exsudado dos híbridos de sorgo sacarino CVSW 81198, CVSW 80007, CVSW 80147 e XBSW 82158 em plantas teste. No primeiro bioensaio, foi avaliada a germinabilidade e o desenvolvimento de plântulas de alface, *L. quamoelit*, *D. nuda* e cebola submetidas aos exsudados. O comprimento do coleóptilo de trigo e a porcentagem de inibição ou estímulo dos tratamentos sobre o comprimento do coleóptilo foram avaliados no segundo bioensaio. As soluções contendo exsudado radicular, para os quatro híbridos de sorgo sacarino, não alteraram a germinabilidade e o desenvolvimento de plântulas das espécies testadas, tampouco o comprimento de coleóptilos de trigo.

Palavras chave: *Sorghum bicolor*, alelopatia, germinabilidade

Introdução

Rice (1984) definiu alelopatia como: “qualquer efeito direto ou indireto danoso ou benéfico que uma planta exerce sobre outra pela produção de compostos químicos liberados no ambiente”. Os efeitos alelopáticos são proporcionados por substâncias (aleloquímicos) que pertencem a diferentes categorias de compostos secundários. Os aleloquímicos podem ser encontrados nas folhas, caules, raízes, frutos, inflorescências, cascas e sementes, não havendo um padrão para a quantidade de distribuição para cada parte (ALVES et al., 2002; WEIR; PARK; VIVANCO, 2004).

Os recentes avanços na química de produtos naturais, por meio de métodos modernos de extração, isolamento, purificação e identificação, têm contribuído bastante para um maior conhecimento desses compostos secundários, os quais podem ser agrupados de diversas formas (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).

Enquanto pesquisavam um estimulante para germinação de *Striga asiatica* L., Netzly e Butler (1986) descobriram um exsudado radicular de sorgo. Esse exsudado contém uma *p*-benzoquinona ativa conhecido como sorgoleone (2-hidroxi-5-metoxi-3-[(89Z,119Z)-89,119,149-pentadecatrieno]-*p*-hidroquinona). O modo de ação do sorgoleone foi estudado por Nimbal et al. (1996) que, por meio da avaliação da evolução de oxigênio, demonstraram que o sorgoleone inibe o transporte de elétrons do fotossistema II (PSII). Sabe-se que o modo de ação do sorgoleone é similar ao de *s*-triazinas, fenilureias, ureias, uracilas e bicarbamatos, conhecidos como herbicidas do grupo das uréias substiruídas (STREIBIG et al., 1999).

As plântulas de sorgo produzem exsudados radiculares logo após 3 h da emergência da radícula (CZARNOTA et al., 2001). Acessos de *Sorghum* sp., entre híbridos e daninhas, apresentaram o sorgoleone como constituinte predominante do exsudado radicular (CZARNOTA; RIMANDO; WESTON, 2003). Czarnota et al. (2001) identificaram que plântulas de alface, *Portulaca oleracea* e *Amaranthus retroflexus* tiveram seu crescimento inibido pelo aumento da concentração de sorgoleone no substrato.

O trabalho teve como objetivo estudar o efeito do exsudado de quatro híbridos de sorgo sacarino sobre a germinabilidade e desenvolvimento de plântulas teste.

Material e Métodos

Em ensaio conduzido no LAPDA (Laboratório de Plantas Daninhas), sementes de híbridos de sorgo sacarino foram semeadas em caixas tipo “gerbox”, com uma folha de papel filtro esterilizada em autoclave (120°C/40 minutos), sendo adicionados 10 mL de água deionizada. Previamente desinfestadas com álcool 70%, as caixas foram vedadas hermeticamente com filme plástico e acondicionadas em câmara de germinação regulada para 12 h

de luz e temperatura de 25 °C. Semeados em caixas separadas, os híbridos de sorgo sacarino foram CVSW 81198, CVSW 80007, CVSW 80147, XBSW 82158.

Após sete dias, as plântulas de sorgo foram retiradas e as soluções com exsudado dos híbridos de sorgo sacarino foram analisadas quanto a osmolalidade (5500, Wescor), o pH (PM 608, Analion) e a condutividade elétrica (Analon PM 608). Para tais características químicas não houve diferença entre os tratamentos e, por isso, não foi necessária a confecção de tratamentos controle adicionais (testemunhas relativas). Foram preparadas caixas para a realização de dois bioensaios, sendo o primeiro testando a água+exsudado de sorgo sacarino sobre as características germinativas e desenvolvimento de plântulas de quatro espécies teste e o segundo, avaliando o mesmo material sobre o crescimento do coleóptilo de trigo. Ambos os ensaios apresentaram delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, compostos pelas soluções com exsudado de quatro híbridos de sorgo sacarino e um controle com somente água deionizada, em três repetições.

Para o primeiro ensaio, as plântulas de sorgo com sete dias foram retiradas e semeadas plantas teste em seu lugar. As plantas teste foram alface (*Lactuca sativa* cv. Crespa Repolhuda), corda-de-viola (*Ipomoea quamoclit* L.), capim-colchão (*Digitaria nuda* Schumach.) e cebola (c *Allium cepa* cv. crioula). Cada caixa constituiu uma parcela experimental, sendo que, após a semeadura, foram adicionados mais 5 mL de água deionizada. Os tratamentos consistiram nas soluções com presença de exsudado dos quatro híbridos de sorgo, além de um controle com apenas água deionizada. Foi realizada contagem das sementes germinadas diariamente, tendo como critério a protrusão radicular com no mínimo 2 mm de comprimento para a determinação do índice de velocidade de germinação (IVG), de acordo com Maguire (1962).

As caixas foram desmontadas após nove dias da semeadura, para a cebola e sete dias, para as demais espécies teste, quando foi avaliado o comprimento do hipocótilo e da raiz e realizada a contagem final da germinação para a determinação da porcentagem de germinação (%G). O comprimento do hipocótilo e da raiz foi mensurado, com o auxílio de um papel milimetrado, do nível do ponto inserção dos cotilédones até o colo. O comprimento da raiz foi obtido pela medida tomada entre o colo da planta e a extremidade da mais extensa da raiz. Em seguida, as plântulas foram cortadas na altura do colo,

separando-se a parte aérea e a raiz, que foram acondicionadas em sacos de papel tipo “kraft”, mantidas em estufa a 65 °C, até a obtenção de peso constante, para determinação da matéria seca em balança de precisão de 0,0001 g.

Para o segundo experimento, soluções de água utilizada para a germinação de sorgo sacarino foram submetidas ao teste biológico com coleóptilo de trigo para avaliar seu potencial alelopático. Cariopses de trigo (*Triticum aestivum* L., cultivar BRS 208) foram distribuídas em caixas tipo “gerbox”, com uma folha de papel filtro esterilizada em autoclave (120 °C/40 min.), sendo adicionados 10 mL de água deionizada. Previamente desinfestadas com álcool 70%, as caixas foram vedadas hermeticamente com filme plástico. As caixas foram mantidas em câmara de germinação, com temperatura constante de 25 °C, durante três dias. Decorrido esse tempo, as caixas foram conduzidas até uma sala com luz verde para que os coleóptilos das plântulas de trigo fossem selecionados e cortados, utilizando-se uma guilhotina de Van der Weij. Os ápices dos coleóptilos foram cortados e descartados, enquanto o restante foi cortado em segmentos de 4 mm utilizados para o bioensaio.

Em tubos de ensaio, foram adicionados 2 mL dos tratamentos com exsudado (ou apenas água deionizada, no caso do tratamento controle) e cinco coleóptilos de trigo, sendo em seguida fechados com filme plástico. Em quatro repetições, os tubos foram mantidos a 25 °C no escuro e sob rotação constante (0,25 rpm). Após 24 h, os coleóptilos foram retirados dos tubos e medidos com o auxílio de um papel milimetrado. Os dados foram avaliados pela porcentagem de inibição ou estímulo em relação ao controle, segundo expressão utilizada por Oliveira et al. (2012):

$$\% \text{ inibição ou estímulo} = \left\{ \left[\frac{(C_r - \bar{C}_t) - (C_r - \bar{C}_c)}{(C_r - \bar{C}_c)} \right] \right\} \times 100$$

Sendo:

C_r : comprimento referência do coleóptilo usado no bioensaio (4 mm);

\bar{C}_t : comprimento médio dos coleóptilos, referente aos tratamentos;

\bar{C}_c : comprimento médio dos coleóptilos, referente ao controle.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a avaliação da

porcentagem de estímulo ou inibição do coleóptilo, foi utilizada comparação de médias utilizando o erro padrão.

Resultados e discussão

As características germinativas (IVG e %G) das plantas teste não variaram em soluções com exsudado de híbridos de sorgo sacarino ou no controle com somente água (Tabela 1).

Tabela 1. Características germinativas (IVG e G%), massa seca de parte aérea e raiz e comprimento de hipocótilo e raiz de plântulas de *Lactuca sativa*, *Ipomoea quamoclit*, *Digitaria nuda* e *Allium cepa*, semeadas em solução com exsudado de híbridos de sorgo sacarino.

Híbrido de sorgo sacarino pré semeado	Plântulas de <i>Lactuca sativa</i>					
	Germinação		Massa seca (μg)		Comprimento (mm)	
	IVG	%G	Parte aérea	Raiz	Hipocótilo	Raiz
CVSW 81198	31,59 A ¹	94,00 A	6,95 A	2,30 A	14,15 A	37,61 A
CVSW 80007	32,62 A	95,00 A	7,08 A	2,83 A	12,78 A	34,62 A
CVSW 80147	33,09 A	95,00 A	7,65 A	2,65 A	18,85 A	42,72 A
XBSW 82158	29,10 A	92,00 A	7,48 A	2,70 A	14,07 A	27,92 A
Controle	29,94 A	92,00 A	7,60 A	3,05 A	15,53 A	38,63 A
F	3,08 ^{NS}	0,74 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,45 ^{NS}	1,46 ^{NS}	0,67 ^{NS}
CV (%)	6,24	3,76	21,07	30,20	25,51	50,01
Plântulas de <i>Ipomoea quamoclit</i>						
CVSW 81198	6,35 A	19,00 A	8,10 A	1,88 A	41,73 A	19,00 A
CVSW 80007	6,01 A	22,00 A	12,18 A	1,63 A	54,68 A	27,16 A
CVSW 80147	6,03 A	19,00 A	15,15 A	2,10 A	42,40 A	21,38 A
XBSW 82158	7,05 A	25,00 A	8,50 A	1,25 A	38,34 A	16,19 A
Controle	5,12 A	17,00 A	9,08 A	1,23 A	42,45 A	22,26 A
F	0,23 ^{NS}	0,61 ^{NS}	1,35 ^{NS}	1,42 ^{NS}	0,40 ^{NS}	0,57 ^{NS}
CV (%)	47,44	39,13	48,92	39,84	45,03	51,23
Plântulas de <i>Digitaria nuda</i>						
CVSW 81198	24,35 A	48,00 A	3,13 A	1,18 A	15,03 A	16,76 A
CVSW 80007	24,89 A	50,00 A	3,98 A	1,18 A	16,42 A	18,35 A
CVSW 80147	23,82 A	42,50 A	2,53 A	1,13 A	15,76 A	15,76 A
XBSW 82158	16,95 A	37,50 A	2,15 A	0,75 A	15,66 A	17,63 A
Controle	17,25 A	39,50 A	1,93 A	1,00 A	14,46 A	26,33 A
F	1,70 ^{NS}	1,12 ^{NS}	1,54 ^{NS}	0,64 ^{NS}	0,29 ^{NS}	1,19 ^{NS}
CV (%)	28,56	23,37	48,55	43,04	17,97	40,93
Plântulas de <i>Allium cepa</i>						
CVSW 81198	10,12 A	37,00 A	10,68 A	5,73 A	23,02 A	19,29 A
CVSW 80007	11,93 A	40,00 A	11,98 A	6,43 A	24,84 A	22,58 A
CVSW 80147	9,40 A	32,00 A	11,88 A	6,10 A	21,71 A	15,69 A
XBSW 82158	12,15 A	39,00 A	10,20 A	5,78 A	21,85 A	15,61 A
Controle	8,80 A	32,00 A	12,13 A	5,80 A	19,41 A	13,39 A
F	1,08 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,32 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,43 ^{NS}	2,02 ^{NS}
CV (%)	27,54	28,16	27,18	22,26	27,22	29,47

IVG: Índice de velocidade de germinação; %G: porcentagem de germinação; ¹Média seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F ($p>0,05$); ^{NS}não significativo ($p>0,05$).

Os exsudados dos híbridos de sorgo sacarino não alteraram significativamente o comprimento do coleótilo de trigo se comparado ao controle ou mesmo entre eles (Tabela 2). Com relação à porcentagem de inibição ou estímulo, todas as médias apresentaram valor positivo, ou seja, estímulo do crescimento do coleótilo (Figura 1). Por meio da análise do erro padrão, apenas o exsudado do híbrido XBSW 82158 proporcionou estímulo ao crescimento do

coleóptilo se comparado ao controle sem exsudado. Estudos clássicos já demonstraram o potencial de exsudado de plântulas de sorgo em estimular a germinação de uma planta parasita, *Striga asiatica* (CHANG et al., 1986; NETZLY et al., 1988; FATE; CHANG; LYNN, 1990).

Tabela 2. Comprimento do coleóptilo de trigo, semeado em solução com exsudado de híbridos de sorgo sacarino.

Híbrido de sorgo sacarino pré semeado	Comprimento do coleóptilo de trigo (mm)
CVSW 81198	5,68 A ¹
CVSW 80007	5,64 A
CVSW 80147	5,89 A
XBSW 82158	6,45 A
Controle	5,56 A
F	1,89 ^{NS}
CV (%)	8,96

¹Média seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F ($p>0,05$); ^{NS}não significativo ($p>0,05$).

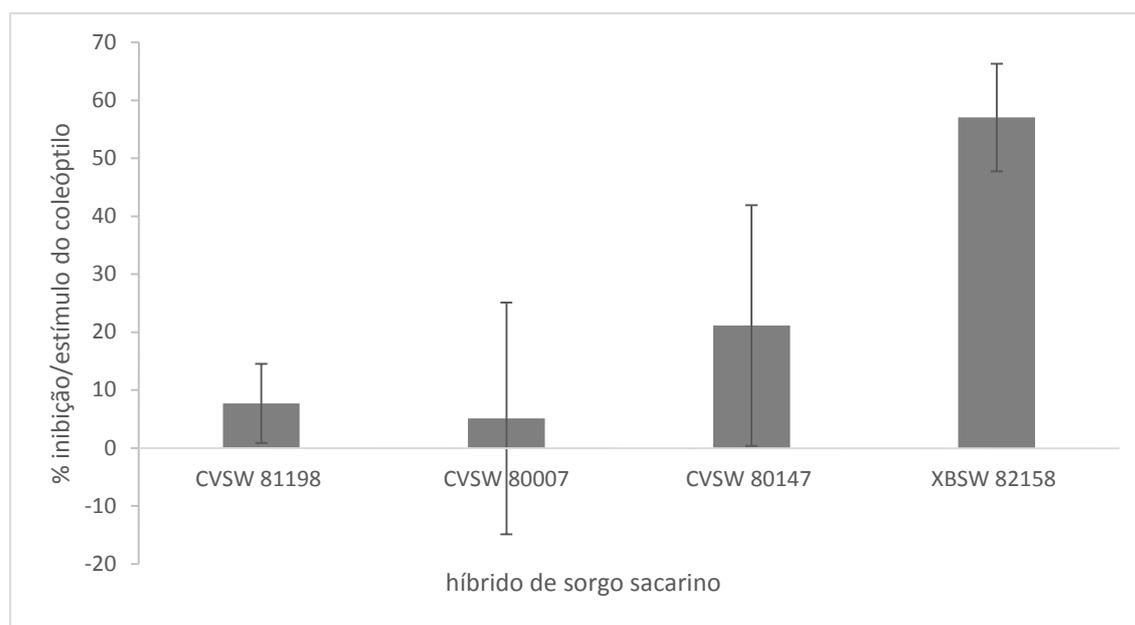


Figura 1. Efeito de soluções com exsudado de híbridos de sorgo sacarino sobre a porcentagem de inibição ou estímulo do coleóptilo de trigo.

Apesar do resultado encontrado, as espécies de sorgo, seja, *S. bicolor*, *S. halepense*, *S. vulgare* ou *S. sudanense* já tiveram seu potencial alelopático demonstrado (BREAZEALE, 1924; ABDUL-WAHAB; RICE, 1967; HUSSAIN; GADOON, 1981; PUTNAM; DEFRANK, 1983; ALSAADAWI et al., 1986). Supõe-se que, no presente experimento, a quantidade de sorgoleone exsudado pode

não ter sido suficiente para proporcionar efeito inibitório nas plantas teste, ou tenha sofrido algum tipo de degradação durante a condução dos bioensaios. No entanto, Einhellig e Souza (1992), encontraram atividade inibitória de sorgoleone em concentrações extremamente baixas, sendo que 10 µM do composto reduziu o crescimento de plântulas de seis espécies daninhas.

Conclui-se que, nas condições desse experimento, exsudado radicular dos híbridos de sorgo sacarino CVSW 81198, CVSW 80007, CVSW 80147 e XBSW 82158, não alteraram significativamente a germinabilidade e o desenvolvimento das plântulas de alface, *I. quamoclit*, *D. nuda*, tampouco cebola.

Referências

ALVES, S. M.; ARRUDA, M. S. P.; SOUZA-FILHO, A. P. S. Biossíntese e distribuição de substâncias alelopáticas. In: Souza Filho, A. P. S.; Alves, S. M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Embrapa Amazônica Oriental, Belém, p. 79-109, 2002.

ABDUL-WAHAB, A. S.; RICE, E. L. Plant inhibition by Johnson grass and its possible significance in old-field succession. **Bull. Torrey Bot. Club.**, v. 94, n. 6, p. 486-497, 1967.

ALSAADAWI, I. S.; AL-UQAILI, J. K.; ALRUBEAA, A. J.; AL-HADITHY, S.M. Allelopathic suppression of weed and nitrification by selected cultivars of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **J. Chem. Ecol.**, v. 12, n. 1, p. 209-219, 1986.

BREAZEALE, J. F. The injurious after-effects of sorghum. **J. Am. Soc. Agron.**, v. 16, n. 11, p.689-700, 1924.

CHANG, M., NETZLY, D. H., BUTLER, L. G., LYNN, D. G. Chemical regulation of distance: Characterization of the first natural host germination stimulant for *Striga asiatica*. **J. Am. Chem. Soc.** v. 108, n. 24, p. 7858-7860. 1986.

CZARNOTA M. A.; PAUL, R. N.; DAYAN, F. E.; NIMBAL, C. I.; WESTON, L. A. Mode of action, localization of production, chemical nature, and activity of sorgoleone: a potent PSII inhibitor in *Sorghum* spp. root exudates. **Weed Technol.**, v. 15, n. 4, p. 813–825, 2001.

CZARNOTA, M. A.; RIMANDO, A. M.; WESTON, L. A. Evaluation of root exudates of seven sorghum accessions. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, n. 9, p. 2073-2083, 2003.

DAYAN E. F. Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*. **Planta**, v. 224, n. 2, p. 339–346, 2006.

- EINHELLIG, F. A.; SOUZA, I. F. Phytotoxicity of sorgoleone found in grain sorghum root exudates. **Journal of Chemical Ecology**, v. 18, n. 1, p. 1-11, 1992.
- FATE, G.; CHANG, M.; LYNN, D. G. Control of germination in *Striga asiatica*: Chemistry of spatial definition. **Plant Physiol.**, v. 93, n. 1, p. 201-207, 1990.
- FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 175-204, 2000. Edição especial.
- HUSSAIN, P.; GADOON, M. A. Allelopathic effects of *Sorghum vulgare* Pers. **Oecologia**, v. 51, n. 2, p. 284-288, 1981.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Sci.**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- NETZLY, D. H.; BUTLER, L. G. Roots of sorghum exude hydrophobic droplets containing biologically active components. **Crop Science**, v. 26, n. 4, p. 775-778, 1986.
- NETZLY, D. H.; RIOPEL, J. L.; EJETA, G.; BUTLER, L. G. Germination stimulants of witchweed (*Striga asiatica*) from hydrophobic root exudate of Sorghum (*Sorghum bicolor*). **Weed Sci.**, v. 36, n. 4, p. 441-446, 1988.
- NIMBAL, C. I.; PEDERSEN, J. F.; YERKES, C. N.; WESTON, L. A.; WELLER, S. C. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. **J. Agric. Food Chem.**, v. 44, n. 5, p.1343-1347, 1996.
- OLIVEIRA, S. C. C.; GUALTIERI, S. C. J.; DOMÍNGUEZ, F. A. M.; MOLINILLO, J. M. G.; MONTOYA, R. V. Estudo fitoquímico de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil (Solanaceae) e sua aplicação na alelopatia. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 3, p. 607-618, 2012.
- PUTNAM, A. R.; DEFRANK, J. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. **Crop Prot.**, v. 2, n. 2, p.173-181, 1983.
- RICE, E.L. **Allelopathy**. 2nd ed., New York, Academic Press, 1984.
- STREIBIG, J. D.; DAYAN, F. E.; RIMANDO, A. M; DUKE, S. O. Joint action of natural and synthetic photosystem II inhibitors. **Pestic. Sci.**, v. 55, n. 2, p. 137-146, 1999.
- WEIR, T. L.; PARK, S-W., VIVANCO, J. M. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. **Current Opinion in Plant Biology**. v. 7, n. 4, p. 472-479, 2004.

Subcapítulo 4.2 - Produção de sorgoleone em resposta a concentrações de extrato aquoso de raiz de *A. theophrasti*.

Resumo - O objetivo do estudo foi determinar se o extrato aquoso de raízes de *Abutilon theophrasti* poderia estimular a produção de sorgoleone em sorgo granífero. Cada parcela consistiu em uma placa de Petri com 20 sementes de sorgo, híbrido SX17, preenchida com lã de vidro. Os tratamentos foram compostos por concentrações crescentes de extrato aquoso de *A. theophrasti* (0,624; 1,25; 2,5; 5,0 e 10 mg mL⁻¹ e um controle com apenas água deionizada). Foi obtida uma regressão linear para avaliar a quantidade de sorgoleone presente em cada parcela do experimento, por meio da área do pico do composto em cada parcela. Após sete dias em câmara de germinação, com controle de temperatura (25 °C) e em condições de obscuridade, as placas de Petri foram abertas e as raízes de sorgo separadas em tubos com diclorometano. Foi extraído o exsudado radicular e obtida a massa seca das raízes. Por meio de HPLC, em cada parcela foi detectado o pico correspondente ao sorgoleone padrão com o objetivo de determinar a quantidade de sorgoleone presente no exsudado radicular de sorgo. Com isso, foi obtida a relação entre a quantidade de sorgoleone por massa seca de raiz de sorgo. A massa seca de raiz de sorgo, a quantidade de sorgoleone por parcela e a relação entre a quantidade de sorgoleone e a massa seca de raiz de sorgo não diferiram entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Palavras chave: *Sorghum*, alelopatia, metabolismo secundário.

Introdução

Muitos compostos produzidos pelas raízes de sorgo apresentam função no potencial alelopático dessa espécie (DAYAN, 2006). A principal fonte das propriedades alelopáticas do sorgo é seu exsudado hidrofóbico, contendo a benzoquinona lipídica sorgoleone (NETZLY et al., 1986). Até onde se sabe, todos os cultivares de sorgo produzem sorgoleone, porém, eles têm sido

reportados por variar consideravelmente na quantidade de sorgoleone, de 0,67 a 17,8 mg g⁻¹ de matéria fresca de raiz (NIMBAL et al., 1996; DAYAN, 2006).

A biossíntese de sorgoleone é intrinsecamente ligada à presença de pelos radiculares (CZARNOTA et al., 2001; YANG et al., 2004). A formação dos pelos é inibida pelo excesso de água, sendo o regulador etileno quem promove desenvolvimento radicular nessas condições (HESS; EJETA.; BUTTLER, 1992; YANG et al. 2004).

Apesar de décadas de estudo da alelopatia com isolamento de compostos e tentativa de utilização para controle de plantas daninhas, mais escassos são os estudos a respeito dos fatores de modulação da biossíntese de aleloquímicos em plantas. Em um desses estudos, Dayan (2006) demonstrou que os níveis de sorgoleone aumentaram em plantas tratadas com extrato bruto de *Abutilon theophrasti* Medic. O autor também verificou que a produção de sorgoleone foi maior em temperatura de 30°C, reduzido em determinadas frequências luminosas e insensível à pressão mecânica sobre plântulas e à eliciadores de defesa das plantas.

Einhellig (1986) demonstrou que um extrato aquoso de *A. theophrasti* afeta o crescimento de sorgo e Dayan (2006) afirma que em resposta a esse estímulo, as plântulas de sorgo produzem quantidades de sorgoleone de uma forma dependente da concentração do extrato, desacompanhado de acúmulo de biomassa da raiz.

O objetivo do trabalho foi avaliar se o extrato de raízes de *A. theophrasti* pode estimular a produção de sorgoleone em plântulas de sorgo.

Material e métodos

Obtenção de extrato aquoso de *A. theophrasti*

O experimento foi realizado nas dependências do laboratório USDA-ARS, Natural Products Utilization Reserch Unit. – NCPR, em Oxford, Mississippi, EUA. Sementes de *Abutilon theophrasti* Medic. foram postas para germinar em bandejas com areia limpa. Estas foram mantidas em câmara de germinação durante 21 dias, com temperatura e luz controladas para 25 °C e 12 horas de luz. As bandejas foram irrigadas diariamente, além da aplicação de solução

nutritiva Hoagland. Após esse período, as raízes das plantas foram separadas e colocadas em um béquer com água destilada e deionizada (pelo deionizador Milli-Q Plus). Após 12 horas de imersão, o material foi filtrado para a obtenção do extrato aquoso. A amostra foi colocada em recipiente compatível com o liofilizador (Labconco Freezone12). Após ser congelada com gelo seco, a amostra foi acoplada ao liofilizador, onde permaneceu até a secagem completa do material. O extrato seco de *A. theophrasti* foi armazenado para posteriormente ser avaliado na tentativa de estimular a produção de sorgoleone, de forma similar ao proposto por Dayan (2006).

Obtenção de sorgoleone padrão

Sementes de sorgo híbrido SX17 (*S. bicolor* X *S. sudanense*), tiveram sua superfície esterilizada pela imersão por 20 minutos em 10% de água sanitária (hipoclorito de sódio a 0,615%) e em seguida lavada com água deionizada. Foram colocadas para germinar 100 g de sementes em uma peneira forrada com algodão. A peneira foi acondicionada em câmara de germinação regulada para 25 °C, em condição de obscuridade.

Diariamente foi colocada água deionizada no algodão e, após 10 dias, as plantas foram retiradas e as raízes coletadas e imersas em diclorometano. Após a imersão durante 12 horas, a amostra foi filtrada para a obtenção do extrato. Com o extrato foi preparado cromatografia em camada delgada preparativa e separada a banda referente ao sorgoleone. A amostra foi filtrada em algodão com solução 1 metanol/ 9 diclorometano (v/v). A amostra foi identificada como sorgoleone em RMN (Aparelho de Ressonância Magnética Nuclear).

O sorgoleone foi quantificado por HPLC como já descrito na literatura (CZARNOTA et al., 2003). O sistema do HPLC foi composto pelo modelo 1260 Infinity, 1290 infinity. A coluna foi uma 4,6 x 250 mm, Phenomenex (2) 100 A, Luna 10 µ C18 (2). O solvente isocrático consistiu de 80% de acetonitrila com 0,1% de TFA. Foi realizado, em HPLC, teste com diferentes concentrações de sorgoleone (0,03125; 0,0625; 0,125; 0,25; 0,5 e 1 mg mL⁻¹) em resposta a luz de sinal 280 nm, com duas repetições. A regressão linear foi obtida utilizando-se a área do pico analítico/padrão interno versus a concentração de sorgoleone (Figura 1). Com a equação da regressão linear foi possível avaliar a quantidade

de sorgoleone presente em cada parcela do experimento, por meio da área do pico do composto em parcela.

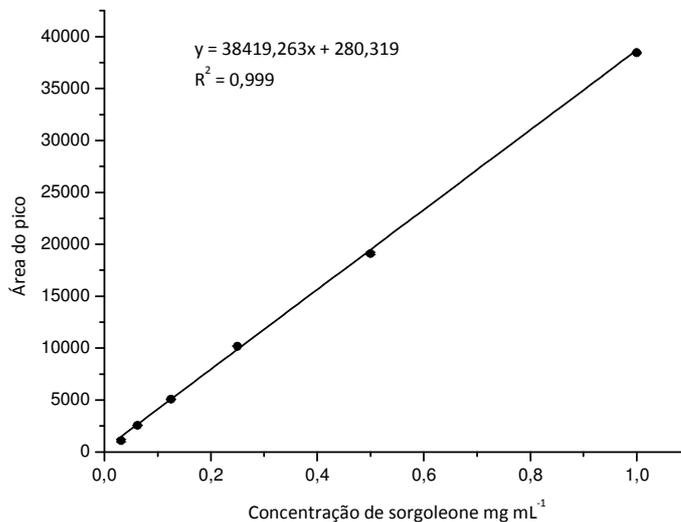


Figura 1. Área do pico analítico/padrão interno versus a concentração de sorgoleone.

Experimento em placas Petri – Efeito de *A. theophrasti* na produção de sorgoleone

Foram colocadas para germinar 20 sementes de sorgo híbrido SX17 em cada parcela, que consistiu em uma placa de Petri de 55 mm de diâmetro preenchidas com lã de vidro. Foram adicionadas 3 mL de cada solução tratamento. Os tratamentos foram: 0,624 mg de extrato aquoso de *A. theophrasti* por ml de água; 1,25 mg mL⁻¹; 2,5 mg mL⁻¹; 5 mg mL⁻¹; 10 mg mL⁻¹ e um tratamento controle com somente água deionizada. As placas de Petri foram vedadas hermeticamente com Parafilm® e acondicionadas em câmara de germinação regulada para 25 °C, em condição de obscuridade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 3 repetições.

Após 7 dias as plantas foram coletadas e as raízes de cada parcela separadas e imersas em 10 mL de diclorometano. As amostras foram colocadas em ultrassom por 3 minutos e então a solução foi separada. As raízes de cada parcela foram secas em estufa de circulação forçada de ar durante 24 horas para a obtenção da massa seca.

O extrato de diclorometano de cada parcela foi seco completamente em evaporador rotativo a 40 °C em vácuo (Büchi ROTAVAPOR R-124) e adicionados 2 mL de diclorometano. Foi analisado em HPLC o extrato de cada parcela e determinada a área de cada pico interno correspondente ao sorgoleone. O volume de cada injeção foi de 25 µL e cada injeção durou 10 minutos. O valor encontrado foi inserido na equação de regressão do sorgoleone padrão para se determinar a concentração de sorgoleone de cada parcela. Com isso foi determinada a quantidade de sorgoleone por matéria seca de raiz.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O erro padrão das médias também foi calculado.

Resultados e Discussão

A massa seca de raiz de plântulas de sorgo SX17 não variou com o aumento da concentração de *A. theopasti* (Tabela 1 e Figura 2a). A quantidade de sorgoleone encontradas na extração de exsudado das raízes de plântulas de sorgo não variaram com o incremento da concentração do extrato aquoso de *A. theopasti* (Tabela 1). Entretanto, analisando o erro padrão, com as duas maiores concentrações de extrato de raízes de *A. theopasti* (5 e 10 mg mL⁻¹), a produção de sorgoleone foi maior que o controle e a menor concentrações do extrato (10 mg mL⁻¹) (Figura 2b).

A concentração de sorgoleone por massa seca de sorgo não diferiu estatisticamente nas diferentes concentrações de extrato aquoso de *A. theopasti* (Tabela 1 e Figura 2c). Apesar disso, observa-se que na concentração de 10 mg mL⁻¹ do extrato aquoso de *A. theopasti*, a razão sorgoleone/ massa seca de raiz foi 50,7% maior que o tratamento com a segunda maior média (5 mg mL⁻¹).

Tabela 1. Massa seca de raiz (mg), quantia de sorgoleone por parcela (μg) e proporção de sorgoleone por massa seca de raiz ($\mu\text{g mg}^{-1}$) do sorgo, híbrido SX17, com o aumento da concentração (mg mL^{-1}) de extrato aquoso de raiz de *A. theopasti*.

Concentração de extrato de raiz de <i>A. theopasti</i> (mg mL^{-1})	Massa seca de raiz de sorgo (mg)	μg sorgoleone	μg sorgoleone mg massa seca de raiz ⁻¹
0	42,73	66,23	1,69
0,625	29,53	42,71	1,28
1,25	58,60	109,17	2,13
2,5	54,53	98,45	1,76
5	46,93	105,53	2,38
10	55,40	129,34	4,73
F	0,41 ^{NS}	2,09 ^{NS}	1,00 ^{NS}
CV (%)	60,62	41,25	91,98

^{NS}não significativo ($p>0,05$).

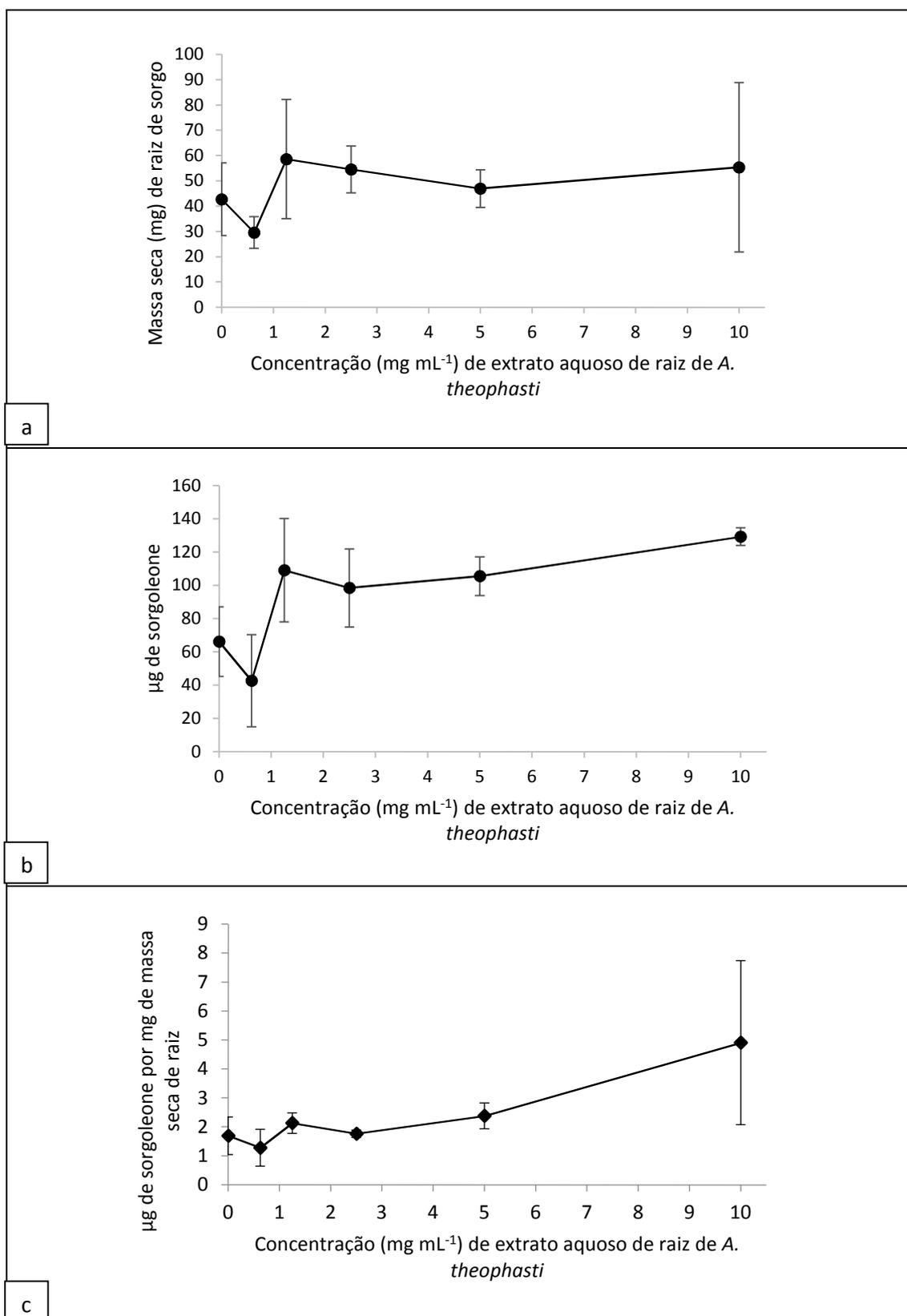


Figura 2. Massa seca de raiz (mg) (a), quantia de sorgoleone encontrada por parcela (μg) (b) e proporção de sorgoleone por massa seca de raiz (μg mg⁻¹) (c) de sorgo, híbrido SX17, com o aumento da concentração (mg mL⁻¹) de extrato aquoso de raiz de *A. theopasti*.

Segundo Nimbali et al. (1996), a quantidade de sorgoleone pode variar entre 0,67 a 17,8 mg por grama de massa fresca de raiz, de acordo com a cultivar de sorgo. As médias dos valores de sorgoleone encontrados no presente trabalho variaram entre 1,28 e 4,73 mg por grama de massa seca de raiz.

Se a biossíntese de sorgoleone é ligada a presença de pelos radiculares (CZARNOTA et al., 2001; YANG et al., 2004), então a quantidade de raiz e a razão entre a quantidade de raiz e a produção de sorgoleone são características que devem ser avaliadas para se determinar a produção de sorgoleone. Einhellig (1986) e Dayan (2006) demonstraram que o crescimento e a massa seca de raiz do sorgo, respectivamente, são reduzidos com o incremento da concentração de extrato aquoso de *A. theophrasti*. Tais resultados discordam dos encontrados no presente trabalho, em que não houve diferença estatística entre os tratamentos para tal variável.

Segundo Dayan (2006), os níveis de sorgoleone por massa seca de raiz de sorgo aumentaram em plântulas tratadas com extrato aquoso de *A. theophrasti*. No entanto, no presente experimento, a produção de sorgoleone por massa seca de sorgo não foi influenciada pelas crescentes concentrações do extrato, resultado que pode ter sido decorrência do elevado coeficiente de variação encontrado (91,98%).

Referências

CZARNOTA M. A.; PAUL, R. N.; DAYAN, F. E.; NIMBAL, C. I.; WESTON, L. A. Mode of action, localization of production, chemical nature, and activity of sorgoleone: a potent PSII inhibitor in *Sorghum* spp. root exudates. **Weed Technol.**, v. 15, n. 4, p. 813–825, 2001.

DAYAN, F. E. Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*. **Planta**, v. 224, n. 2, p. 339–346, 2006.

EINHELLIG, F.A. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. In: Putnam AR, Tang C-S. **The Science of Allelopathy**. New York: Wiley, 1986. p 171–188.

HESS, D. E.; EJETA, G.; BUTTLER, L. G. Selection of sorghum genotypes expressing a quantitative biosynthetic trait that confers resistance to *Striga*. **Phytochemistry**, v.31, p.493–497, 1992.

NETZLY, D. H.; BUTLER, L. G. Roots of sorghum exude hydrophobic droplets containing biologically active components. **Crop. Sci.**, v. 26, n. 4, p.775–778, 1986.

NIMBAL, C. I.; PEDERSEN, J. F.; YERKES, C. N.; WESTON, L. A.; WELLER, S. C. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. **J. Agric. Food Chem.**, v. 44, n. 5, p.1343–1347, 1996.

YANG, X.; OWENS, T. G.; SCHEFFLER, B. E.; WESTON, L. A. Manipulation of root hair development and sorgoleone production in sorghum seedlings. **J. Chem. Ecol.** v. 30, n. 1, p. 199–213, 2004.

CAPÍTULO 5 - Potencial de supressão de restos culturais do sorgo sacarino e outras coberturas de rotação com cana-de-açúcar sobre a comunidade de plantas daninhas

Resumo - O posicionamento do sorgo sacarino é indicado em áreas de reforma ou de expansão da cana-de-açúcar. Nessa realidade, é supõe-se que os restos culturais do sorgo sacarino promovam uma supressão na reinfestação de plantas daninhas, evitando que a cultura da cana-de-açúcar sofra interferência durante o seu período total de prevenção à interferência, uma vez que o sorgo é conhecido pelo forte potencial alelopático. Com o objetivo de se determinar o efeito supressor dos restos culturais do sorgo sacarino sobre as plantas daninhas, foi instalado um experimento de campo, no qual foram utilizadas como tratamento sete coberturas vegetais, opções na rotação com a cultura da cana-de-açúcar: sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*, híbrido CVSW 81198), mucuna-cinza, crotalária, soja, cana-de-açúcar, pousio e uma área sem cobertura. Cada parcela tinha por dimensão 6 x 4,5 m, sendo os tratamentos dispostos em delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições. A comunidade infestante de cada parcela foi avaliada por índices fitossociológicos, aos 60 e 120 dias após a formação das coberturas vegetais; sendo, nesse segundo período também avaliada a composição do banco de sementes do solo. As espécies daninhas que apresentaram maior índice de importância relativa foram *Cyperus rotundus*, *Raphanus raphanistrum* e *Parthenium hysterophorus*. A diversidade da comunidade infestante estimada para importância relativa foi muito inferior na área com a presença de mucuna-cinza como cobertura do solo. O banco de sementes do solo com coberturas de sorgo sacarino, mucuna e crotalária foi reduzido, se comparado ao da cobertura de pousio e do tratamento sem cobertura vegetal. Os restos culturais da cultura do sorgo sacarino, assim como a cobertura de mucuna-cinza, proporcionaram redução da infestação de plantas daninhas no campo, sendo que o período de supressão das plantas daninhas pode se estender até 120 dias, durante o período de seca.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, alelopatia, matologia, cobertura vegetal.

Introdução

O posicionamento do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) é indicado em áreas de reforma ou de expansão da cana-de-açúcar, sendo o sistema mais usual o plantio da cana-de-açúcar imediatamente após a colheita do sorgo, no intuito de atender a demanda industrial. Nesse quadro, espera-se que os restos culturais do sorgo sacarino promovam uma supressão na infestação de plantas daninhas, evitando que a cultura da cana-de-açúcar sofra interferência durante o seu período total de prevenção à interferência, 127 dias após o plantio (KUVA et al., 2003), uma vez que o sorgo é conhecido pelo forte potencial alelopático (NIMBAL, 1996).

O controle de plantas daninhas pela cobertura vegetal pode ocorrer tanto pelo efeito físico, impedimento da incidência luminosa, como pelos efeitos alelopáticos (THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000; FÁVERO et al., 2001). A cobertura vegetal reduz significativamente a intensidade de infestação de áreas por plantas daninhas e modifica a composição da população infestante (ALMEIDA; RODRIGUES, 1985). As culturas utilizadas como cobertura de solo têm em geral a capacidade de reciclar nutrientes, promover a descompactação do solo, aumentar o teor de matéria orgânica e suprimir as plantas infestantes (THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000; TREZZI; VIDAL, 2004).

Os efeitos alelopáticos são proporcionados por substâncias (aleloquímicos) que pertencem a diferentes categorias de compostos secundários. Os aleloquímicos podem ser encontrados nas folhas, caules, raízes, frutos, inflorescências, cascas e sementes, não havendo um padrão para a quantidade e distribuição nas diferentes partes (ALVES; ARRUDA; SOUZA-FILHO, 2002; WEIR; PARK, VIVANCO, 2004).

A palha de sorgo é amplamente utilizada como cobertura por agricultores norte-americanos, objetivando a supressão de plantas daninhas (EINHELLIG; RASMUSSEN, 1989). As plantas de sorgo possuem alta capacidade de produção de palhada, chegando a 39,5 t ha⁻¹ de matéria seca (PAZIANI; DUARTE, 2006).

Estudos sobre a supressão das plantas daninhas proporcionada pela cobertura ou resíduos da cultura do sorgo demonstram que a infestação de plantas daninhas anuais é frequentemente reduzida (EINHELLIG; RASMUSSEN 1989; WESTON 1996). Em estudo de Trezzi e Vidal (2004), a cobertura morta

de sorgo no solo reduziu linearmente as infestações de plantas daninhas. Segundo esses autores, uma quantidade de palha de 4 t ha⁻¹ de sorgo ou milho foram suficientes para reduzir 91, 96 e 59% da população total de *Brachiaria plantaginea*, *Sida rhombifolia* e *Bidens pilosa*, respectivamente.

Outro fato que sustenta a hipótese de que o sorgo sacarino promova uma boa cobertura do solo é o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), cultura da mesma espécie, consolidada como uma excelente alternativa no estabelecimento do sistema de semeadura direta, devido sua elevada capacidade de aproveitamento da água e conversão em fitomassa seca (MAGALHÃES; DURAES; SCHAFFERT, 2000). Avaliando diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado, Meschede et al. (2007) demonstrou que o sorgo forrageiro apresentou o maior peso de cobertura seca (11,9 kg ha⁻¹) e, juntamente com o milho e a crotalária, apresentou maior capacidade de supressão das plantas daninhas. Além disso, a cobertura formada pela vegetação de pousio apresentou os menores valores de biomassa.

Na avaliação das plantas daninhas presentes no ambiente agrícola, os chamados estudos fitossociológicos são utilizados para o entendimento da comunidade infestante e suas características dentro de um agroecossistema (BRAUN-BLANQUET, 1979). Além desse tipo de avaliação, a produção de diásporos e o banco de sementes do solo são de fundamental importância, uma vez que define a composição da comunidade vegetal das próximas estações.

O trabalho teve por objetivo estudar o poder de supressão dos restos culturais do sorgo sacarino sobre a reinfestação de plantas daninhas na cultura subsequente.

Material e Métodos

Foi instalado um experimento de campo em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE, pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, em Jaboticabal – SP. Foram utilizadas como tratamento sete coberturas vegetais, opções na rotação com a cultura da cana-de-açúcar: sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, híbrido CVSW 81198), mucuna-cinza (*Mucuna pruriens* (L.) DC.), crotalária (*Crotalaria juncea*), soja (*Glycine max* L.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), pousio e área

sem cobertura. Cada parcela tinha por dimensão 6 x 4,5 m, sendo considerado área útil 5 x 3,5 m. Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com 4 repetições.

Para a obtenção das coberturas, foram semeados na área os tratamentos sorgo sacarino, mucuna-cinza, crotalária e soja. Foi realizada a análise de solo da área com antecedência e a adubação segundo a recomendação do Boletim 100 para as culturas. Para o tratamento pousio, as parcelas foram mantidas sem controle do mato para a formação de uma cobertura de pousio. Nos demais tratamentos, as plantas daninhas foram capinadas a cada 14 dias. Com o objetivo de simular uma área comercial após a colheita mecanizada de cana-de-açúcar de 5 “cortes”, foram depositadas palhada de cana-de-açúcar recém colhida, coletada em área rural da cidade de Jaboticabal - SP.

A colheita das culturas de soja e sorgo sacarino, a capina de mucuna-cinza, área de pousio e crotalária e a deposição da palhada de cana ocorreram durante os dias 9 e 10 de maio de 2013. A soja foi colhida manualmente e os restos culturais foram dispersos nas parcelas simulando uma colheita mecanizada. Os colmos do sorgo sacarino também foram colhidos manualmente e as folhas, ponteiro e panícula foram dispersos pela parcela, a fim de simular uma colheita comercial mecanizada. A mucuna foi dessecada com herbicida glyphosate, na concentração de 720 g e.a. ha⁻¹, 15 dias antes da capina, com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado, operando em pressão constante de 3,5 kgf cm⁻², com bico XR 8003 e volume de calda de 250 L ha⁻¹.

Durante a colheita das coberturas, esta foi amostrada dentro da área útil de cada parcela, utilizando um quadro vazado de ferro com de 0,25 m², arremessado quatro vezes. As coberturas amostradas foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65±2 °C até atingir massa constante, quando se determinou a massa seca.

Com o objetivo de se avaliar a reinfestação das plantas na cultura subsequente, foram realizadas avaliações da comunidade infestante na época da colheita, no tratamento em pousio, e aos 65 e aos 120 dias após a colheita das coberturas para todos os tratamentos. Dentro da área útil de cada parcela, a comunidade infestante foi amostrada utilizando um quadro vazado de ferro de 0,25 m², arremessado quatro vezes, determinando-se a densidade de plantas de cada população de planta daninha e a massa seca. As plantas daninhas foram

recolhidas, separadas por espécie e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 2 °C até atingir peso constante, quando se determinou a massa seca. Com esses dados foram avaliados a constância relativa, densidade relativa, dominância relativa, os quais foram utilizados para a determinação do índice de importância relativa propostos por Müller-Dombois e Ellenberg (1974). Além disso, a diversidade de plantas daninhas nas comunidades foi mensurada pelos índices de diversidade e equitabilidade, propostos por Shannon-Wiener e citados por Carvalho et al. (2008).

Durante a avaliação da reinfestação da comunidade infestante, após 120 dias da colheita, foi realizada coleta de solo com o objetivo de estudar o banco de sementes de plantas daninhas, seguindo método utilizado por Isaac e Guimarães (2008). Para a amostragem do solo foi utilizado um trado tipo sonda e coletadas 12 subamostras por área, na profundidade de 0-5 cm, perfazendo uma amostra composta de aproximadamente 1,5 kg de solo. As amostras foram coletadas quando o solo estava seco e foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetados e identificados.

As amostras de solo foram destorroadas, peneiradas e homogeneizadas. Delas foi extraída uma alíquota de 100 g, que foi lavada com água para retirada das frações mais finas do solo, dentro de peneiras, com malhas de aço inox de 0,3 mm (ABNT 50). A fração resultante, composta por partículas mais grossas do solo (areia), sementes de plantas daninhas, palhas e restos vegetais, foi seca em estufa a 80 °C por 40 minutos. Em seguida, as sementes foram separadas por meio da flotação, em solução saturada de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, com densidade de 1,40-1,42 g cm^{-3} , controlada com densímetro. A solução com a semente foi agitada em proveta por 5 min e deixada para decantação por 2 horas. O sobrenadante foi então vertido sobre a peneira, obtendo-se as sementes de plantas daninhas flotadas e restos vegetais. Esse material foi lavado, seco em estufa a 80 °C e, em seguida, acondicionado em saco de papel. Posteriormente, as sementes foram separadas dos restos vegetais, identificadas e contadas, com o auxílio de um microscópio estereoscópico. Para a identificação das espécies foram consultadas as obras de Kissman e Groth (1997, 1999, 2000) e Lorenzi et al. (2006). Para certificação da viabilidade, foi utilizado o teste da "pressão ao toque", com pinça, considerando-se como viáveis as sementes firmes. As sementes quebradas e/ou chochas foram consideradas não-viáveis.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de número de plantas daninhas no banco do solo foram transformados para $\sqrt{x}+1$, antes da análise (STEEL;TORRIE, 1989).

Resultados e Discussão

Inferências fitossociológicas sobre a comunidade infestante em diferentes tipos de cobertura vegetal

As espécies encontradas durante a colheita no tratamento em pousio estão presentes na Tabela 1, além do respectivo número de plantas, massa seca acumulada, densidade relativa, dominância relativa e importância relativa. As plantas daninhas que apresentaram maior importância relativa foram o apaga-fogo, o caruru e o capim-amargoso. O apaga-fogo e o caruru apresentaram os maiores índices de dominância relativa da comunidade infestante, enquanto o capim-amargoso apresentou o maior índice de densidade relativa.

Tabela 1: Densidade, massa seca m^{-2} , densidade relativa (De.R), dominância relativa (Do. R) e importância relativa (I.R.) das plantas daninhas encontradas no tratamento em pousio, durante o período de colheita das culturas de cobertura.

Espécie	Número de plantas (m^{-2})	Massa seca ($g\ m^{-2}$)	De. R.	Do. R.	I.R.
<i>Alternanthera tenella</i>	10	1287,06	11,63	33,76	23,46
<i>Digitaria insularis</i>	30	143,08	34,88	3,75	14,55
<i>Cenchrus echinatus</i>	4	772,00	4,65	20,25	9,97
<i>Digitaria nuda</i>	14	140,00	16,28	3,67	9,98
<i>Eleusine indica</i>	8	227,08	9,30	5,96	10,09
<i>Amaranthus</i> spp.	8	800,16	9,30	20,99	16,76
<i>Ipomoea quamoclit</i>	2	264,00	2,33	6,93	4,75
<i>Commelina benghalensis</i>	10	178,52	11,63	4,68	10,44

Ao final do período de pousio, a comunidade infestante desse tratamento apresentou um índice elevado de equitabilidade, sendo 0,96 para importância relativa, ou seja, as diferentes populações de plantas daninhas da comunidade apresentam uma participação similar, não havendo espécies altamente dominantes (Tabela 2). Os valores de diversidade e equitabilidade para

densidade e dominância relativa ficaram muito próximos, demonstrando que ambas as variáveis densidade e massa seca, contribuíram de forma semelhante para a determinação da importância relativa.

Tabela 2: Índices de diversidade (H') e equitabilidade (E') referentes à densidade (De. R.), dominância (Do. R.) e importância relativa (I. R.) das plantas daninhas encontradas no tratamento em pousio, durante o período de colheita das culturas de cobertura.

	De. R.	Do. R.	I.R.
H'	1,835	1,759	1,992
E'	0,883	0,846	0,958

A massa seca de sorgo sacarino recém colhido foi elevada ($12,1 \text{ t ha}^{-1}$), diferindo da massa seca da palhada produzida com a cultura da soja, crotalária e pousio (Tabela 3). A massa da cobertura de sorgo se equiparou a produzida pela mucuna-cinza e pela cana-de-açúcar, as quais foram superiores à massa seca da cobertura produzida pela cultura da soja. Meschede et al. (2007), demonstraram que o sorgo forrageiro apresentou o maior peso de cobertura seca, $11,9 \text{ kg ha}^{-1}$, dentre as coberturas avaliadas em área do cerrado, valor bem mais reduzido do que Paziani e Duarte (2006) encontraram para a capacidade de produção de palhada; segundo eles, a produção de cobertura pode chegar a $39,5 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca. No presente experimento, pode-se constatar que, apesar da colheita do colmo do sorgo sacarino, uma grande quantidade de fitomassa excedente ficou depositada no solo.

Tabela 3: Massa seca (kg ha^{-1}) dos restos culturais das coberturas vegetais recém colhidas.

Cobertura vegetal	Massa seca (kg ha^{-1})
Sorgo sacarino	12.072 A ¹
Mucuna-cinza	9.264 AB
Crotalária	6.672 BC
Soja	4.560 C
Cana-de-açúcar	10.464 AB
Pousio	7.368 BC
F	2,90**
CV (%)	24,21

¹Média seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); **Valores significativos ($p < 0,01$).

Durante as avaliações da reinfestação da comunidade infestante sobre a palhada (65 e 120 dias após a obtenção da cobertura), foram encontradas, pelo menos, 24 espécies de plantas daninhas pertencentes à 12 famílias (Tabela 4).

Tabela 4. Populações de plantas daninhas encontradas na área experimental.

Família	Nome científico	Nome comum
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> Colla	Apaga-fogo
	<i>Amaranthus</i> spp.	Caruru
Asteraceae	<i>Xanthium strumarium</i> L.	Carrapichão
	<i>Acanthospermum hispidum</i> D.C.	Carrapicho-de-carneiro
	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Buva
	<i>Gnaphalium spicatum</i> Lam.	Macela
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Losna-branca
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Nabiça
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeiraba
Convolvulaceae	<i>Ipomoea hederifolia</i> L.	Corda-de-viola
	<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	Corda-de-viola
	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	Corda-de-viola
	<i>Ipomoea quamoclit</i> L.	Corda-de-viola
	<i>Ipomoea grandifolia</i> (Dammer) O'Donell	Corda-de-viola
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Leiteiro
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Anileira
	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	Fedegoso
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	Quebra-pedra
Poaceae	<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde	Capim-amargoso
	<i>Digitaria nuda</i> (Schumach.)	Capim-colchão
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Capim pé-de-galinha
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Poaia-branca

Na avaliação realizada aos 65 dias após a obtenção da cobertura vegetal, as plantas daninhas que apresentaram maior índice de importância relativa foram nabiça, losna-branca e tiririca (Figura 1). Para a cobertura de sorgo sacarino, mucuna-cinza, soja, cana-de-açúcar e crotalária, a tiririca foi a espécie daninha com maior índice de importância relativa na comunidade. Já para a cobertura de pousio e na área sem cobertura vegetal, a nabiça foi a espécie com maior índice de importância. A tiririca é reconhecida pela sua tolerância à presença de palha. Segundo Silva, Costa e Martins (2003), a massa seca da parte aérea da tiririca, semeada em solo sob 20 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar, não foi afetada quando comparada a um sistema sem palha. Apesar de a nabiça ter se destacado na área com ausência de cobertura, Timossi, Durigan,

e Leite, (2006) demonstraram que uma camada de palhada de 14,6 t ha⁻¹ de *B. brizantha* não foi capaz de suprimir a emergência destas sementes.

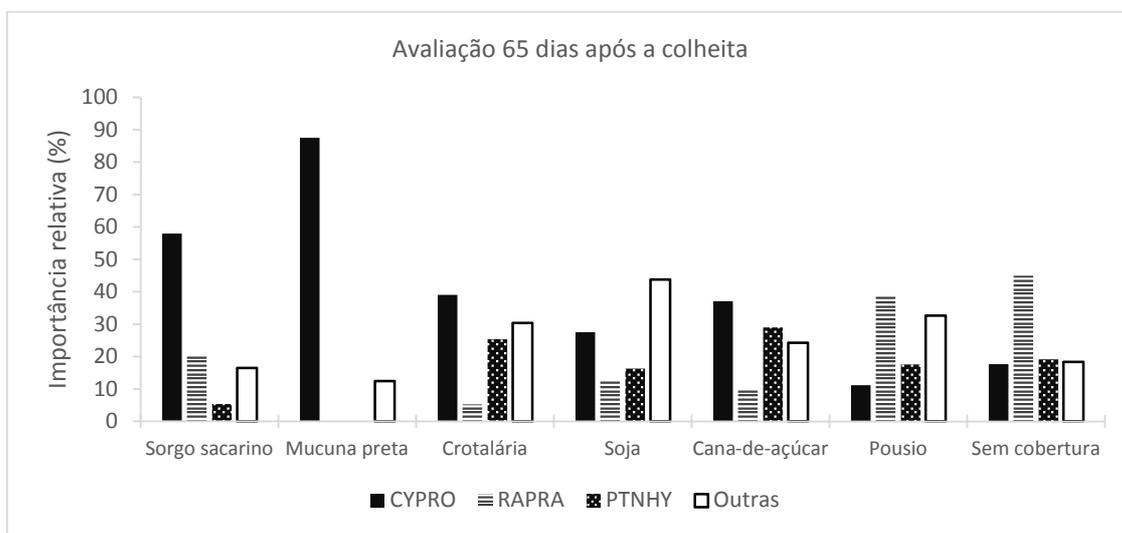


Figura 1. Importância relativa das principais populações de plantas daninhas infestantes nas diferentes coberturas vegetais, 65 dias após a obtenção da cobertura. RAPRA = *Raphanus raphanistrum*; PTNHY = *Parthenium hysterophorus*; CYPRO = *Cyperus rotundus*.

Na avaliação após 120 dias desde a obtenção das coberturas, as plantas daninhas com maior índice de importância relativa foram as mesmas da avaliação aos 65 dias (Figura 2). Desta vez, a tiririca apresentou maior importância relativa com a cobertura de mucuna-cinza e soja. A nabiça foi a espécie daninha mais importante nos tratamentos com as coberturas de pousio e sorgo sacarino; enquanto a losna-branca apresentou índice mais elevado sob a cobertura de cana-de-açúcar e na ausência de cobertura vegetal.

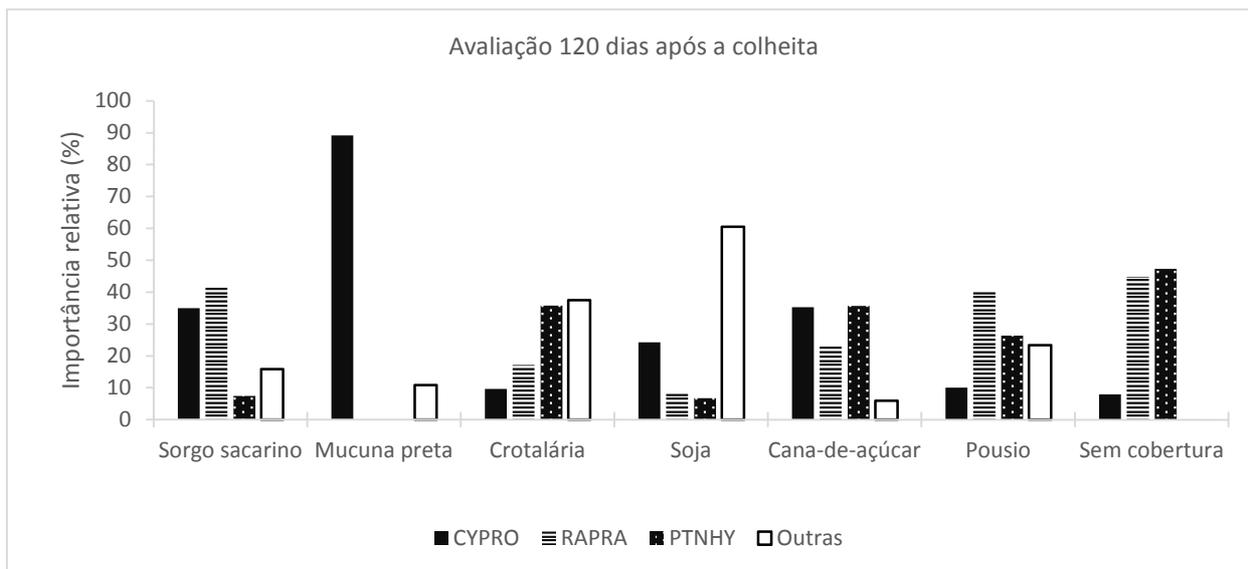


Figura 2. Importância relativa das principais populações de plantas daninhas infestantes nas diferentes coberturas vegetais, 120 dias após a obtenção da cobertura. RAPRA = *Raphanus raphanistrum*; PTNHY = *Parthenium hysterophorus*; CYPRO = *Cyperus rotundus*.

Os índices de diversidade e de equitabilidade calculados em referência à importância relativa expressa melhor a relação entre as populações de plantas daninhas componentes da comunidade infestante, pois considera a frequência de ocorrência, o número de indivíduos e a massa seca acumulada dessas populações.

O índice de diversidade é máximo quando todas as populações apresentam a mesma expressão numérica ou de biomassa. Isso explica o baixo valor nas áreas com cobertura de sorgo sacarino e mucuna-cinza, aos 65 dias após a obtenção das coberturas, onde foi formada grande quantidade de palhada (Figura 3 e Tabela 1) e apenas algumas espécies apresentaram tolerância ao ambiente, com redução do número de indivíduos e biomassa de plantas menos adaptadas. A equitabilidade entre as populações de plantas daninhas referentes à importância relativa foi maior que 80% para as áreas com crotalária, soja, cana-de-açúcar e pousio como cobertura, e em área sem cobertura, evidenciando a alta similaridade entre as populações (Figura 3). Nas áreas com sorgo sacarino e mucuna-cinza como cobertura vegetal, tal índice foi mais baixo, ou seja, as populações presentes na comunidade infestante não apresentaram alta similaridade. Pode se afirmar que houve uma maior seleção da flora, imposta por essas coberturas de elevada massa e potencial alelopático. Nestes tratamentos,

a comunidade infestante foi composta predominantemente por tiririca com a cobertura de mucuna-cinza e por tiririca e nabiça para a cobertura com sorgo sacarino.

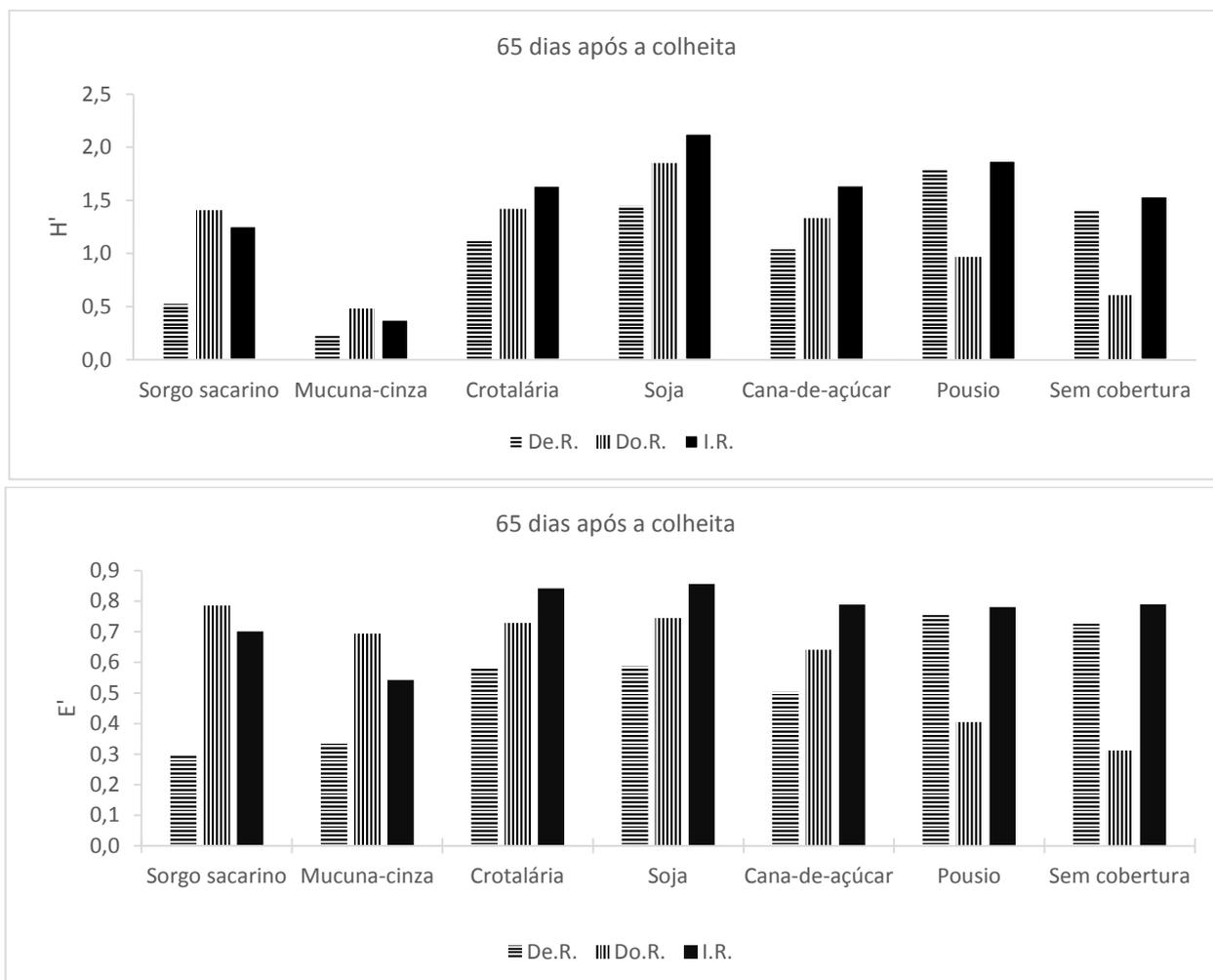


Figura 3. Índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e equitabilidade (E') das populações componentes da comunidade infestante em diferentes coberturas vegetais estimados para densidade relativa (De.R.), dominância relativa (Do.R.) e importância relativa (I.R.), 65 dias após a colheita.

Aos 120 dias após a colheita, a diversidade da comunidade infestante estimada para importância relativa foi muito inferior na área com a presença de mucuna-cinza como cobertura do solo (Figura 4). Nessa avaliação, os índices de diversidade e equitabilidade foram similares para os três parâmetros analisados na flora encontrada sobre as coberturas vegetais (com exceção da mucuna-cinza) (Figura 4). Para a mucuna-cinza, os índices de diversidade e equitabilidade referentes à densidade relativa foram semelhantes aos referentes

à importância relativa. Portanto, nesse ambiente, a importância relativa esteve mais ligada ao número de indivíduos que ao acúmulo de massa seca.

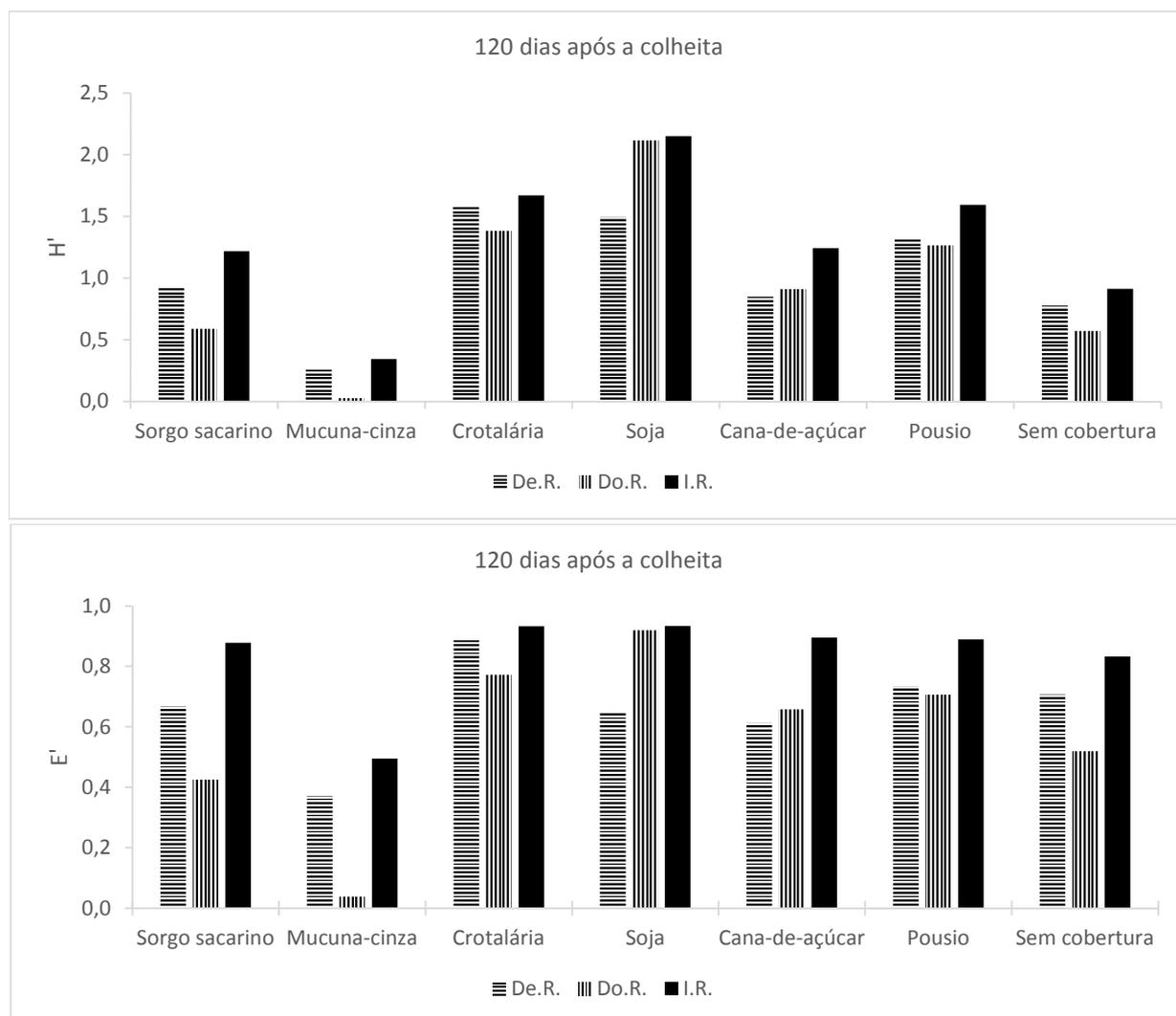


Figura 4. Índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e equitabilidade (E') das populações componentes da comunidade infestante em diferentes coberturas vegetais estimados para densidade relativa (De.R.), dominância relativa (Do.R.) e importância relativa (I.R.), 120 dias após a colheita.

Aos 120 dias após a obtenção das coberturas, a equitabilidade entre as populações de plantas daninhas referentes à importância relativa foi maior que 80% para a maior parte dos tratamentos, evidenciando a alta similaridade entre as populações (Figura 4). A exceção foi a cobertura com mucuna-cinza, quando a equitabilidade foi mais baixa (50%), ou seja, poucas populações dominaram a comunidade daninha.

Eficácia das coberturas no manejo de plantas daninhas

A densidade de plantas e o acúmulo de massa seca da comunidade infestante variou de acordo com o tipo de cobertura vegetal (Tabelas 5 e 6). Na cobertura de pousio, a densidade e a massa seca da comunidade infestante, encontradas aos 65 dias após a formação da cobertura vegetal, foram maiores que os demais tratamentos, com 34 plantas m⁻² e 32 g m⁻², respectivamente. A palhada formada pelo sorgo sacarino, mucuna-cinza e cana-de-açúcar proporcionaram reduzida densidade de plantas daninhas, com 7,9, 4,2 e 7,2 plantas m⁻², respectivamente. A massa seca das plantas daninhas também foi mais reduzida com a presença de coberturas de sorgo sacarino e de mucuna-cinza, 2,38 e 0,40 g m⁻², respectivamente; seguido de cana-de-açúcar e crotalária. A cobertura de soja e a ausência de cobertura vegetal não apresentaram maior densidade e massa seca de plantas daninhas apenas quando comparado ao tratamento com cobertura de pousio.

Tabela 5. Densidade e massa seca da comunidade infestante presente nas diferentes coberturas vegetais, 65 dias após a deposição da palhada.

Cobertura vegetal	Densidade plantas m ⁻²	Massa seca g m ⁻²
Sorgo sacarino	7,94 CD	2,38 DE
Mucuna-cinza	4,25 D	0,30 E
Crotalária	9,13 C	17,05 BC
Soja	14,39 B	22,30 B
Cana-de-açúcar	7,25 CD	9,92 CD
Pousio	34,00 A	32,38 A
Limpo	15,83 B	14,37 BC
CV (%)	14,15	24,50
F	113,83**	41,96**

¹Média seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F (p > 0,05); **Valores significativos (p<0,01).

A densidade de plantas daninhas foi reduzida, de maneira geral, após 120 dias da formação da palhada em comparação com a primeira avaliação, 65 dias após a formação. Isso pode ser explicado pela morte de plântulas devido à estiagem durante esse período, típico no inverno do interior norte paulista. Já a massa seca da comunidade infestante, em geral, aumentou (Tabelas 5 e 6).

Tabela 6. Densidade e massa seca da comunidade infestante presente nas diferentes coberturas vegetais, 120 dias após a deposição da palhada.

Cobertura vegetal	Densidade plantas m ⁻²	Massa seca g m ⁻²
Sorgo sacarino	2,04 C	6,83 B
Mucuna-cinza	2,06 C	0,40 B
Crotalária	8,86 BC	37,94 AB
Soja	9,94 B	61,84 A
Cana-de-açúcar	2,88 BC	35,51 AB
Pousio	26,17 A	73,75 A
Limpo	6,67 BC	65,57 A
CV (%)	39,84	47,44
F	25,90**	9,09**

¹Média seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); **Valores significativos ($p < 0,01$).

As variáveis densidade e a massa seca das plantas daninhas, após 120 dias da colheita das culturas de cobertura, foram mais reduzidas pelas coberturas vegetais de sorgo sacarino (2,04 plantas m⁻² e 6,83 g m⁻²) e mucuna-cinza (2,06 plantas m⁻² e 0,40 g m⁻²) (Tabela 6). Esses tratamentos não diferiram das coberturas de crotalária, cana-de-açúcar e a ausência de cobertura para densidade de daninhas; e das coberturas de crotalária e cana-de-açúcar para massa seca de plantas daninhas.

A cobertura formada pela vegetação espontânea apresentou o maior número de plantas daninhas por área (26,17 plantas m⁻²), 120 dias após a sua deposição, diferindo dos demais tratamentos (Tabela 6). Com relação ao acúmulo de massa seca, esse tipo de cobertura e a ausência de cobertura apresentaram os maiores valores (73,75 e 65,57 g m⁻², respectivamente), diferindo dos tratamentos com sorgo sacarino e mucuna-cinza.

Em relação ao banco de sementes do solo, foram encontradas mais de 14 espécies de plantas daninhas, sendo que o número total de sementes de plantas daninhas por unidade de solo, coletado a 5 cm de profundidade variou de acordo com a cobertura vegetal presente (Tabela 7). O banco de sementes encontrado no tratamento com sorgo sacarino, mucuna-cinza e crotalária foi inferior, diferindo da cobertura de pousio e do tratamento sem cobertura vegetal.

O elevado número de sementes no banco de sementes do tratamento com cobertura de pousio possivelmente se deve à produção das mesmas durante o período de produção da cobertura, quando as diferentes espécies infestantes,

com diferentes características reprodutivas atingiram a maturidade biológica. As características comuns das plantas daninhas como rápida germinação, curto ciclo de desenvolvimento, rápida produção de diásporos e elevada partição de recursos nas estruturas de reprodução fortalecem a afirmação acima (GRIME, 1989).

Para apaga-fogo, o número de sementes encontradas no tratamento em pousio foi o mais elevado, provavelmente devido o número de sementes novas depositadas pela vegetação espontânea, predominantemente formada por essa planta. (Tabela 1 e 7). Para losna-branca, uma das plantas daninhas de maior índice de importância relativa durante a reinfestação de plantas daninhas (Figuras 1 e 2), foi encontrado menor número de sementes em solos provenientes do tratamento com cobertura de sorgo sacarino e mucuna-cinza em comparação com as demais.

Os resultados encontrados com o tratamento com cobertura de pousio corroboram a afirmação de Borges et al. (2014), na qual áreas não devem permanecer em pousio, sendo necessário o uso de rotação de culturas, com a inclusão de plantas de cobertura, uma vez que, ocorre aumento do banco de sementes de plantas infestantes, que potencializa a interferência destas com as culturas durante a safra.

Tabela 7. Número de sementes de plantas daninhas por amostra composta de 100 g de solo, 120 dias após a colheita das coberturas vegetais.

Cobertura vegetal	Planta daninha				
	RAPRA	PTNHY	RCHBR	ALRTE	DIGIN
Sorgo sacarino	1,25 A ¹	0,75 C	0,00 B	0,00 B	1,75 A
Mucuna-cinza	0,25 A	1,75 BC	0,25 B	0,50 B	0,50 A
Crotalária	2,25 A	5,75 ABC	1,50 AB	0,50 B	3,25 A
Soja	23,25 A	12,50 A	0,00 B	2,75 AB	1,00 A
Cana-de-açúcar	2,50 A	16,75 A	0,00 B	0,50 B	2,50 A
Pousio	29,50 A	11,25 AB	0,00 B	10,00 A	0,50 A
Limpo	15,33 A	13,00 A	20,33 A	0,00 B	0,33 A
F	3,82 ^{NS}	7,66 ^{**}	4,21 ^{**}	4,89 [*]	0,35 ^{NS}
CV (%)	57,52	28,33	78,3	51,32	64,58
	CCHEC	ACNHI	DIGNU	ELEIN	AMASS
Sorgo sacarino	0,25 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
Mucuna-cinza	0,00 A	0,25 A	0,75 A	0,50 A	1,00 A
Crotalária	0,25 A	0,00 A	0,25 A	0,25 A	0,25 A
Soja	0,00 A	0,00 A	1,00 A	0,00 A	0,00 A
Cana-de-açúcar	4,25 A	4,25 A	0,00 A	0,50 A	0,00 A
Pousio	2,00 A	0,00 A	0,75 A	1,75 A	0,00 A
Limpo	0,67 A	0,67 A	0,67 A	0,00 A	0,00 A
F	0,64 ^{NS}	0,96 ^{NS}	0,76 ^{NS}	2,44 ^{NS}	1,82 ^{NS}
CV (%)	72,74	66,84	46,26	39,15	33,97
	XANST	COMBE	CHRPO	SIDRH	Total
Sorgo sacarino	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	4,00 D
Mucuna-cinza	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	5,75 CD
Crotalária	0,00 A	0,00 A	0,25 A	0,25 A	14,75 BCD
Soja	0,00 A	0,25 A	0,00 A	0,00 A	40,75 AB
Cana-de-açúcar	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	31,25 ABC
Pousio	0,75 A	0,25 A	0,00 A	0,00 A	56,75 A
Limpo	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	51,00 AB
F	1,00 ^{NS}	1,00 ^{NS}	2,66 ^{NS}	1,00 ^{NS}	8,58 ^{**}
CV (%) ²	30,83	22,77	18,25	18,25	26,19

¹Média seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); * e **: Valores significativos ($p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente); ²CV para os dados transformados para $\sqrt{x+1}$.

Os resultados como um todo, sustentam a hipótese de que os restos culturais da cultura do sorgo sacarino, assim como a cobertura de mucuna-cinza, proporcionam redução da infestação de plantas daninhas no campo agrícola. Nas condições climáticas desse experimento, o período de supressão das plantas daninhas pode se estender até 120 dias, período próximo ao qual as plantas daninhas devem ser controladas na cultura da cana-de-açúcar, para que não ocorra redução significativa de produtividade (KUVA et al., 2003). Essa característica torna o sorgo sacarino uma cultura de rotação com múltiplos benefícios à cultura da cana-de-açúcar.

Referências

- ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, N.B. Plantio direto. In: **Guia de herbicidas** contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina Iapar, 1985. p.341-399.
- ALVES, S.M.; ARRUDA, M. S.P.; SOUZA-FILHO, A.P.S. Biossíntese e distribuição de substâncias alelopáticas. In: Souza Filho A.P.S.; Alves, S.M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2002. p.79-109.
- BORGES, W.L.B.; FREITAS, R.S.; MATEUS, G.P.; SÁ, M.E.; ALVES, M.C. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 755-763, 2014
- BRAUN-BLANQUET, V. **Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume, 1979. 820 p.
- CARVALHO, L. B.; PITELLI, R. A.; CECÍLIO FILHO, A. B; BIANCO, S.; GUZZO, C. D. Interferência e estudo fitossociológico da comunidade infestante na cultura da beterraba transplantada. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 30, n. 3, p. 325-331, 2008.
- EINHELLIG, F. A.; RASMUSSEN, J. A. Prior cropping with grain sorghum inhibits weeds. **J. Chem. Ecol.**, v. 15, p. 951–960, 1989.
- FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, N. 11, p.1355-1362, 2001.
- GRIME, J. P. **Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la Vegetación**. Ciudad de México, México: Limusa, 1989. 291 p.
- ISAAC, R. A.; GUIMARÃES, S. C. Banco de sementes e flora emergente de plantas daninhas. **Planta daninha**, v. 26, n.3, p. 521-530, 2008.
- KISSMAN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: Basf, 1997. Tomo I. 825 p.
- KISSMAN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: Basf, 1999. Tomo II. 978 p.
- KISSMAN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: Basf, 2000. Tomo III. 726 p.
- KUVA, M. A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; ALVES, P. L. C. A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.37-44, 2003.

LORENZI, H. **Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas: Plantio direto e convencional**. 6ª Edição. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. 2006, 339p.

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

MESCHEDE, D. K.; FERREIRA, A. B.; RIBEIRO JR., C. C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no Cerrado. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 465-471, 2007.

MÜELLER-DOMBOIS D, ELLENBERG H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974.

NIMBAL, C. I.; PEDERSEN, J. F.; YERKES, C. N.; WESTON, L. A.; WELLER, S. C. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. **J. Agric. Food Chem.**, v.44, p.1343–1347, 1996.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P. Avaliação de cultivares de milho e sorgo para silagem. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 3, n. 2, p.1-3, Jul-Dez 2006.

SILVA, J. R. V.; COSTA, N. V.; MARTINS, D. Efeito da palhada de cultivares de cana-de-açúcar na emergência de *Cyperus rotundus*. **Planta daninha**, v. 21, n. 3, p. 373-380, 2003.

STEEL, R. G. D., TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometric approach**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1989.454 p.

THEISEN, G.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Redução da infestação de *Brachiaria plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia preta. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 35, n. 4, p. 753-756, 2000.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Eficácia de glyphosate em plantas de cobertura. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 475-480, 2006.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II Efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2004.

WEIR, T. L.; PARK, S-W; VIVANCO, J. M. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. **Current Opinion in Plant Biology**. v. 7, n. 4, p. 472-479, 2004.

WESTON, L.A. 1996. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. **Agron. J.**, v.88, n. 6, p.860-866, 1996.