

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS - DOUTORADO

WELLINGTON COSTA DA SILVA

TOLERÂNCIA DIFERENCIAL A HERBICIDAS E HABILIDADE COMPETITIVA DE
ESPÉCIES DE CAPIM-COLCHÃO

RIO LARGO - AL

2015

WELLINGTON COSTA DA SILVA

**TOLERÂNCIA DIFERENCIAL A HERBICIDAS E HABILIDADE COMPETITIVA DE
ESPÉCIES DE CAPIM-COLCHÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Proteção de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Gildemberg Amorim Leal Junior

RIO LARGO - AL

2015

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Helena Cristina Pimentel do Vale

- S586t Silva, Wellington Costa da.
 Tolerância diferencial a herbicidas e habilidade competitiva de espécies
 de capim-colchão / Wellington Costa da Silva. – 2015.
 92 f. : il.
- Tese (doutorado em Proteção de Plantas) – Universidade Federal de
Alagoas. Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2015.
- Inclui bibliografia.
1. Capim-colchão. 2. *Digitaria* spp. 3. Herbicida. 4. Cana-de-açúcar.
5. Plantas daninhas. I. Título.

CDU: 632.51:633.61

Dedico

A Deus por me fortalecer, ajudando a vencer as dificuldades encontradas durante essa caminhada, e amigos para me apoiar em situações desfavoráveis.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas - UFAL pela oportunidade de continuar com meus estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da UFAL, por ter propiciado condições para que fosse possível obtenção do título de Doutor.

Aos Professores Gildemberg Amorim Leal Júnior, Siumar Pedro Tironi e Renan Cantalice de Souza, que me guiaram durante a condução deste trabalho.

Aos professores Gaus Silvestre de Andrade Lima e Iraídes Pereira Assunções pela cessão do Laboratório de FitovirologiaMolecula.

As *Doutoras* Thais Scotti do Canto-Dorow e Ana Carolina Ribeiro Dias, por me auxiliarem na identificação das espécies de capim-colchão.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa.

Aos professores Dr. Pedro Jacob Christoffoleti e Dr. Antônio Vargas de Oliveira Figueira e suas equipes pelo acolhimento e treinamento.

A meus pais Maria Costa Ferro e José Ailton da Silva pelo carinho, amizade e conselhos durante os momentos mais difíceis da minha trajetória.

A minha esposa Alds Priscila Alves de Araújo Costa, pelo amor eterno, destinado à mim.

Aos meus amigos Frederico Monteiro Feijó, Antônio Duarte do Nascimento e Cynthia Lins de Albuquerque Paulino pelo auxílio na condução dos experimentos.

As unidades de produção de cana-de-açúcar e seus derivados: Agroindústria Brejo dos Bois, Usina Caeté, Usina Santa Clotilde e Usina Santo Antônio por permitir a coleta de amostras de capim-colchão em suas áreas de produção.

Combati o bom combate, acabei a carreira e
guardei a fé.

(II Timóteo 4:7)

RESUMO

No gênero *Digitaria* são encontradas algumas das principais plantas daninhas do agroecossistema de cana-de-açúcar. A interação direta com a cultura afeta negativamente o desenvolvimento e produtividade. O controle dessas espécies são realizados constantemente pela aplicação de herbicidas, que tem proporcionado seleção de biótipos da espécie *Digitaria nuda* tolerantes a inibidores de fotossistema II e inibidores de Aceto lactato sintase. Para verificar a possível existência de biótipos de *D. nuda* tolerantes foi realizada a identificações da flora do gênero encontrada em áreas tratadas com herbicidas e que apresentaram falhas de controle. Efetuou-se também testes de eficácia agrônômica à herbicidas pré – emergentes e curva de dose resposta, a herbicidas inibidores de fotossistema II em biotipos de *D. nuda* de áreas convencionais e orgânica. Os resultados revelaram que os escapes não são exclusivamente oriundos da seleção da espécie *D. nuda* e que existe uma variabilidade no grau de tolerância entre os biótipos, que estão correlacionados com a aplicação do herbicida diuron. A ocorrência de escape de espécies consideradas suscetíveis aos herbicidas indica uma possível existência de habilidade competitiva diferenciada entre as espécies. Para verificar a existência de habilidade competitiva diferenciada foi realizado experimento em série substitutiva entre as espécies *D. nuda* (Dn), *D. ciliaris* (Dc), *D. horizontalis* (Dh), e *D. bicornis* (D.b), obedecendo as comparações: foram Dn X Dc, Dn X Db, Dn X Dh, Dh X Db, Dh X Dc e Db X Dc. Na maioria das comparações ocorreu competição equivalente entre as espécies, contudo a espécie Db demonstrou ser mais competitividade que Dc. Para Dn e Dh a competição intraespecífica foi mais importante que a competição com plantas de outras espécies. Sobre condição onde ocorre disponibilidade de água em 100% da capacidade de campo a espécie Dn apresenta maior potencial de desenvolvendo. Quanto a ausência ou presença de deficiência nutricional as plantas tiveram desenvolvimento da parte área semelhante. Em condições onde não ocorre a deficiência nutricional a espécies Dh demonstrou maior capacidade de desenvolvimento de suas raízes.

Palavras chave: Capim-colchão. *Digitaria* spp. Herbicidas pré-emergentes. Identificação taxonômica de capim-colchão. Habilidade competitiva.

ABSTRACT

In the *Digitaria* genus, some of the main weeds of the sugarcane agroecosystem are found. The direct interaction with the culture negatively affects the development and productivity. The control of these species are constantly done with the application of herbicides, which has proportioned a selection of biotypes of the *Digitaria nuda* specie tolerant to photosystem II inhibitors and Acetolactate synthase inhibitors. The flora genus identification, located in areas treated with herbicides where there were control failures, was done to verify the possible existence of *D. nuda* tolerant biotypes. Agronomic efficacy tests were also done to the pre-emerging herbicides and dose curve response, the photosystem II inhibiting herbicides in biotypes *D. nuda* in conventional and organic areas. The results revealed that the escapes are not exclusively derived from the selection of the *D. nuda* species and that there is variability in the degree of tolerance between biotypes, which are correlated with the application of diuron herbicide. The occurrence of escaping species, considered susceptible to the herbicides, indicates a possible existence of competitive ability differentiated among the species. To verify the existence of differentiated competitive ability, an experiment in replacement series between *D. nuda* (Dn), *D. ciliaris* (Dc), *D. horizontalis* (Dh), and *D. bicornis* (Db) species was done, following comparisons: there were Dn X Dc, Dn Db X, Dn X Dh, Dh Db X, X Dh Dc and Db X Dc. In most of the comparisons, an equivalent competition occurred between the species, however the Db specie demonstrated to be more competitive than Dc specie. For Dn and Dh, the intraspecific competition was more important than the competition with plants from other species. On condition where there is water availability in 100% of the field capacity, Dn specie presents the highest potential of development. Concerning the absence or presence of nutritional deficiency, the plants had development similar area part. In conditions where there is no nutritional deficiency, the Dh species showed a higher capacity to develop their roots.

Keywords: Crabgrass. *Digitaria* spp. Pre-Emergence Herbicides. Taxonomic identification of crabgrass. Competitive ability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Levantamento das principais espécies de capim-colchão em áreas de cana-de-açúcar de Alagoas.....	40
Figura 2 -	Percentual de massa seca da parte aérea da populações de capim-colchão as 54 dias da aplicação em doses crescentes do herbicida diuron.....	47
Figura 3 -	Percentual de massa seca da parte aérea da populações de capim-colchão as 54 dias da aplicação em doses crescentes do herbicida tebuthiuron.....	48
Figura 4 -	Percentual de massa seca da parte aérea da populações de capim-colchão as 54 dias da aplicação em doses crescentes do herbicida ametryne.....	49
Figura 5 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies <i>D. nuda</i> e <i>D. bicornis</i>	69
Figura 6 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA) das espécies <i>D. nuda</i> e <i>D. bicornis</i> ..	70
Figura 7 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies <i>D. nuda</i> e <i>D. ciliaris</i>	71
Figura 8 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA) das espécies <i>D. nuda</i> e <i>D. ciliaris</i> ..	72
Figura 9 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies <i>D. nuda</i> e <i>D. horizontalis</i>	73
Figura 10 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA) das espécies <i>D. nuda</i> e <i>D. horizontalis</i>	74
Figura 11 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies <i>D. horizontalis</i> e <i>D. ciliaris</i>	75
Figura 12 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA) das espécies <i>D. horizontalis</i> e <i>D. ciliaris</i>	76
Figura 13 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies <i>D. horizontalis</i> e <i>D. bicornis</i>	77

Figura 14 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA) das espécies <i>D. horizontalis</i> e <i>D.bicornis</i>	78
Figura 15 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies <i>D. bicornis</i> e <i>D. ciliaris</i>	79
Figura 16 -	Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA), das espécies <i>D. bicornis</i> e <i>D. ciliaris</i>	80
Figura 17 -	Matéria Seca da Parte Aérea de espécie de capim-colchão submetidas a condição de déficit hídrico.....	82
Figura 18 -	Matéria Seca de Raiz de espécie de capim-colchão submetidas a condição de déficit hídrico.....	83
Figura 19 -	Matéria Seca da Parte Aérea de espécie de capim colchão submetidas a condição de déficit nutricional.....	84
Figura 20 -	Matéria Seca de Raiz de espécie de capim colchão submetidas a condição de déficit nutricional.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Localização das áreas de coleta de capim-colchão nas unidades Sucroalcoleiras.....	32
Tabela 2 -	Histórico dos herbicidas pré-emergentes utilizados nas áreas de coleta de capim-colchão.....	33
Tabela 3 -	Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento de eficácia agrônômica de herbicidas em populações de capim-colchão.....	35
Tabela 4 -	Quadro de análise de variância da eficácia de herbicidas sobre populações de capim-colchão.....	41
Tabela 5 -	Eficácia agrônômica de herbicidas sobre populações de capim-colchão do Estado de Alagoas.....	43
Tabela 6 -	Resumo do quadro de análise de variância da massa seca residual das espécies de capim-colchão submetidas a herbicidas recomendados para cultura da cana-de-açúcar.....	44
Tabela 7 -	Parâmetros dos modelo log-logístico, coeficientes de determinação, valores de GR ₅₀ e relação de tolerância de populações de <i>D. nuda</i> submetidos a herbicidas inibidores de fotossistema II.....	46
Tabela 8 -	Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento de competitividade de espécies de capim-colchão.....	61
Tabela 9 -	Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento de desenvolvimento de capim colchão sobre estresse nutricional.....	66
Tabela 10 -	Diferenças relativas de produtividade para massa seca da parte e produtividade relativa total nas proporções 75:25, 50:50, 25:75, da associação competitiva entre as espécies <i>D. nuda</i> , <i>D. bicornis</i> , <i>D. ciliaris</i> , <i>D. horizontalis</i>	68
Tabela 11 -	Índices de competitividade entre as espécies de capim-colchão, para as variáveis Massa seca da parte aérea e Número de afilhos.....	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Gênero <i>Digitaria</i> e principais espécies em agroecossistema de cana-de-açúcar.....	17
2.2	Tolerância e resistência de plantas daninhas.....	18
2.3	Tolerância de capim-colchão a herbicidas.....	19
2.4	Competição de capim-colchão a herbicidas.....	20
	REFERÊNCIAS.....	24
3	TOLERÂNCIA DIFERENCIAL DE ESPÉCIES DE CAPIM-COLCHÃO A HERBICIDAS INIBIDORES DE FOTOSSITEMA II.....	28
3.1	Introdução.....	30
3.2	Material e métodos.....	32
3.2.1	Levantamento e identificação de espécies de capim-colchão.....	32
3.2.1.1	Coleta das amostras para identificação.....	32
3.2.1.2	Identificação taxonômica das espécies.....	34
3.2.2	Eficácia agrônômica de herbicidas utilizados em cultivo de cana-de-açúcar em populações de <i>Digitaria</i> spp.....	34
3.2.2.1	Preparo do solo.....	34
3.2.2.2	Delineamento experimental e aplicação dos herbicidas.....	35
3.2.2.3	Obtenção das sementes utilizadas no experimento e Semeio e aplicação dos herbicidas.....	35
3.2.2.4	Avaliação e análise estatística.....	36

3.2.3	Curva de dose-resposta em populações de <i>Digitaria</i> spp. a herbicidas inibidores de PS II.....	36
3.2.3.1	Delineamento experimental e implantação do experimento.....	37
3.2.3.2	Avaliação e análise estatística.....	38
3.3	Resultados.....	38
3.3.1	Levantamento e identificação de espécies de capim-colchão.....	38
3.3.2	Eficácia agrônômica de herbicidas utilizados em cultivo de cana-de-açúcar em populações de <i>Digitaria</i> spp.....	41
3.3.3	Tolerância de populações de <i>Digitaria</i> spp a herbicidas utilizados em cultivo de cana-de-açúcar.....	44
3.4	Discussão.....	49
3.5	Conclusões.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54
4	HABILIDADE COMPETITIVA DE ESPÉCIES DE CAPIM-COLCHÃO ORIUNDAS DE ÁREAS DE CANAVIAIS DE ALAGOAS.....	56
4.1	Introdução.....	58
4.2	Material e métodos.....	60
4.2.1	Competitividade de espécies de capim-colchão.....	60
4.2.2	Desenvolvimento de espécies de capim colchão sobre estresse hídrico.....	63
4.2.2.1	Local do experimento e obtenção das sementes.....	63
4.2.2.2	Obtenção das plântulas e implantação do experimento.....	64
4.2.2.3	Determinação da capacidade de campo.....	64
4.2.2.4	Delineamento experimental, obtenção das variáveis e análise dos dados.....	65
4.2.3	Desenvolvimento de espécies de capim colchão sobre estresse nutricional.....	65

4.2.3.1	Local do experimento e obtenção das sementes.....	65
4.2.3.2	Delineamento experimental, obtenção das variáveis e análise dos dados.....	66
4.3	Resultados.....	67
4.3.1	Competitividade de espécies de capim-colchão.....	67
4.3.2	Desenvolvimento de espécies de capim colchão sobre estresse hídrico.....	81
4.3.3	Desenvolvimento de espécies de capim colchão sobre estresse nutricional.....	83
4.4	Discussão.....	85
5.5	Conclusões.....	88
	REFERÊNCIAS.....	89

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, produzindo aproximadamente 635 milhões de toneladas em 2014 (CONAB, 2015). Essa produção pode ser extremamente afetada pela competição com plantas daninhas, trazendo grandes prejuízos aos agricultores (KUVA et al., 2001; KUVA et al., 2003, MEIRELLES et al., 2009). O complexo capim-colchão, de distribuição cosmopolita (KISSMANN, 1997), tem sido apontado como um dos principais problemas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar no país (DIAS et al., 2005, SOUZA et al. 2013).

Conforme relatam Dias et al. (2003), a complexidade decorrente no manejo de plantas daninhas nas áreas de produção de cana-de-açúcar, onde predomina a ocorrência do complexo de capim-colchão (*Digitaria* spp.) é comum e tem sido reportadas e, especialmente é atribuída a falhas de controle após a utilização de alguns herbicidas. Este problema foi atribuído à mudança da predominância de espécies susceptíveis de capim-colchão (*Digitaria horizontalis* Willd., *D. ciliaris* (Retz.) Koel. e *D. sanguinalis* (L.) Scop.) por uma espécie tolerante (*D. nuda* Schumach) a alguns herbicidas (DIAS et al., 2003; DIAS et al., 2005; DIAS et al., 2007).

Herbicidas dos grupos químicos das triazinas e uréias substituídas utilizados repetitivamente durante muito tempo. Tem proporcionado uma pressão de seleção específica no gênero *Digitaria*, de modo que a *Digitaria ciliaris*, espécie predominante nas áreas de cana-de-açúcar, de alta suscetibilidade às uréias substituídas, teve sua substituição gradual pela *Digitaria nuda*, que demonstra maior tolerância a estes herbicidas (DIAS et al., 2003; DIAS et al., 2005; DIAS et al., 2007).

Esse predomínio de espécies do gênero *Digitaria* em canaviais do Brasil tem sido apontado como um fator inerente das espécies. Em áreas submetidas a forte pressão de seleção por herbicidas inibidores de fotossistema II, comumente são encontradas plantas da espécie de *D. nuda*, apontada como tolerantes a esses herbicidas (DIAS et al., 2005b; SOUZA et al., 2013). No entanto em áreas de cultivo orgânico, onde não ocorre a pressão de seleção por esses herbicidas encontra-se predomínio da espécie *D. ciliaris* (DIAS et al., 2005b).

Neste viés os herbicidas inibidores do fotossistema II (FSII) são amplamente utilizados no manejo de plantas daninhas nas áreas de produção, porém existem

relatos de que a *D. nuda* é tolerante à ação de algumas moléculas que utilizam este mecanismo de ação (DIAS et al., 2003). O uso de herbicidas inibidores do FSII provoca o bloqueio do fluxo de elétrons entre os fotossistemas na membrana dos tilacóides por ligarem-se ao sítio da quinona B (QB) da proteína D1 do FSII, impedindo a ligação da plastoquinona (VENTRELLA et al., 2010).

Contudo a predominância de *D. nuda* pode estar relacionado a existência de habilidade competitiva diferencia entre as espécies do gênero, já que a espécie *D. ciliaris* em comparação com *D. nuda*, em condições onde há disponibilidade de nutrientes e água, apresentou maior área foliar, número de folhas, número de afilhos e matéria seca por planta. Bem como velocidade de crescimento e taxa de crescimento absoluto e relativo (SOUZA et al. 2013).

As plantas competem pelos recursos essenciais quando os mesmos são insuficientes para atender a demanda necessária ao seu desenvolvimento. A competição pode ser dada dentro da espécie ou mesmo entre as espécies que compartilham o mesmo nicho ecológico (RIGOLI et al., 2008). Portanto a sobrevivência da espécie depende também das proporções entre as espécies (PASSINI, 2001).

A possibilidade de uma espécie ou biótipo apresentar maior capacidade competitiva está relacionado a sua habilidade intrínseca, como também a pressão sofrida a partir de fatores externos, que proporcionam um melhor desempenho de uma em relação a outra. Essa pressão de seleção pode também ocasionar perda na capacidade competitiva de uma espécie ou biótipo, por alterar geneticamente a sua competência adaptativa (FERREIRA et al., 2008; VIVIAN et al., 2013).

Quando espécies competem em proporções diferenciadas, como pode ser verificado entre cultivos agrícolas e plantas daninhas, poderá haver vantagem de uma em detrimento da outra (AGOSTINETTO et al., 2008; GALON et al., 2014). Para se avaliar o potencial de competição entre espécies e biótipos podem ser utilizados experimentos de substituição em série. Esse método consiste na substituição sob proporções crescentes de uma espécie ou população em detrimento da outra, considerando-se a redução do potencial produtivo em relação à massa vegetal total (PASSINI, 2001; BIANCHI et al., 2006).

O presente trabalho objetivou avaliar a tolerância e resistência das populações de capim-colchão provenientes de canaviais, submetidos ao controle de herbicidas. Relacionar a suscetibilidade diferencial de populações de *D. nuda* a herbicidas inibidores de fotossistema II. (ii) averiguar a habilidade competitiva entre as espécies de capim-colchão mais frequentes em canaviais, utilizando o método da substituição em série e o desenvolvimento das espécies sob situação de déficit hídrico e nutricional.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gênero *Digitaria* e principais espécies em agroecossistema de cana-de-açúcar

A família Poaceae é uma família bastante ampla e compõem aproximadamente 793 gêneros. Entre esses gêneros destaca-se por sua diversidade florística o gênero *Digitaria* Haller, com uma quantidade de espécies que pode chegar a mais de 300, dispostas em regiões tropicais, subtropicais e temperadas do globo (CANTO-DOROW, 2001a). O Brasil possui o maior número de espécies descritas, com 36 espécies, duas subespécies e quatro variedades. Destas 30 são nativas e 12 exóticas (CANTO-DOROW, 2001a).

Essas plantas desenvolvem-se principalmente em áreas abertas, que sofreram alteração pela ação do homem, podem atuar de formas benéficas ou maléficas, trazendo vantagens e desvantagens para as atividades agrícola. Algumas espécies são destaques como forrageiras para alimentação animal, outras causam diminuição o potencial produtivo de cultivos agrícolas, sendo consideradas plantas daninhas. As espécies que ocupam o território brasileiro são pertencentes a subgênero *Digitaria* (Stapf) Henrard (*Eu-Digitaria*), comportando a maior quantidade de espécies (CANTO-DOROW, 2001a; KISSMANN, 1997).

Em áreas de cultivo de cana-de-açúcar podem ser encontrados quatorze espécies: *Digitaria corynotricha*, *D. neesiana*, *D. insularis*, *D. eriantha*, *D. fuscescens*, *D. connivens*, *D. sejuncta*, *D. filiformis*, *D. violascens*, *D. horizontalis*, *D. bicorniss*, *D. sanguinalis*, *D. ciliaris*, *D. nuda* (CANTO-DOROW, 2001b; DIAS et al. 2003). No entanto o complexo capim-colchão, composto pelas espécies *D. horizontalis*, *D. nuda*, *D. ciliaris*, *D. bicorniss*, são predominantes e compreendem as principais espécies que estão associadas a cultura no Brasil. Tais plantas competem de forma efetiva podendo inviabilizar a colheita reduzindo, a produção em até 70 % (ALMEIDA, 2012).

Muito semelhantes em sua morfologia quando observadas a olho nu, em campo sua identificação torna-se muito difícil de ser realizada por profissionais não especializados. A distinção entre as espécies do grupo dos capins-colchão só é possível por meio da observação das características das espiguetas, com uma lupa

com capacidade de aumento mínimo de 25 vezes (DIAS et al., 2007). Para efetuar a referida identificação é necessário o uso de chaves taxonômicas para o gênero, observando diretamente as características dispostas nas espiguetas. São verificadas a presença de pilosidade, morfologia das glumas, ausência ou presença da gluma I e outras características (DIAS et al., 2007).

2.2 Tolerância e resistência de plantas daninhas

O processo evolutivo das plantas daninhas é dinâmico e consiste na adaptação das espécies as alterações ambientais provocadas pelo homem ou pela natureza. O ser humano encontra-se intimamente ligado a esse processo, pois vive constantemente exercendo pressão sobre as mesmas, por meio da agricultura, com a utilização de produtos químicos para o seu controle (CHRISTOFOLLETI; CAETANO, 1998).

Em sistema de monocultivo intensivo, é comum o uso repetitivo do mesmo herbicida e/ou de herbicidas com mesmo mecanismo de ação para erradicação de todas as comunidades de plantas daninhas. Isso proporciona pressão de seleção, que pode causar mudanças na flora, selecionando espécies tolerantes, ou selecionar dentro das espécies biótipos resistentes aos mecanismos de ação dos herbicidas utilizados (CHRISTOFOLLETI; CAETANO, 1998; CHRISTOFOLLETI, 2000).

O resultante da capacidade inata da planta daninha suportar a aplicação de herbicidas, em doses recomendadas, sem sofrer alteração no seu crescimento ou desenvolvimento é chamado de tolerância. Da mesma forma que a tolerância, a suscetibilidade é uma característica inerente da espécie. Plantas suscetíveis, quando recebem aplicação de herbicidas em doses recomendadas são incapazes de suportar a ação do agroquímico vindo a desenvolver alterações marcantes em seu desenvolvimento (CHRISTOFOLLETI, 2000). Já a resistência é definida pela Weed Science Society of America (WSSA) como a habilidade herdada de uma planta sobreviver e reproduzir-se após a exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para a população natural. Em uma planta, a resistência a herbicida pode ocorrer naturalmente ou ser induzida por técnicas como engenharia genética ou seleção de mutantes produzidos por cultura de tecido ou mutagênese (HEAP, 2014).

A tolerância de uma espécie está relacionada à capacidade da mesma absorver, translocar, metabolizar ou exsudar para o ambiente o herbicida (CHISTOFFOLETI et. al. 2008). Geralmente essa tolerância é verificada por agricultores em campos de cultivo agrícola, quando os mesmos ao aplicarem os herbicidas, comumente utilizados no controle de plantas daninhas na cultura, notam o surgimento de áreas onde ocorrem falhas de controle, que possivelmente estão relacionadas com mudanças na flora infestante em função da seleção de algumas espécies tolerantes aos herbicidas comumente utilizados para o seu controle (DIAS et. al., 2009).

2.3 Tolerância de capim-colchão a herbicidas

Em áreas de cana-de-açúcar foram relatados por agricultores, no estado de São Paulo, a ocorrência de um aumento significativo da infestação e redução gradual da eficácia de controle de capim-colchão, pelo uso de herbicidas inibidores de fotossistema II (FSII) e da enzima aceto lactato sintase (ALS), que geralmente controlavam essas espécies (DIAS et al, 2004). Após identificação constatou-se que a espécie *D. nuda*, espécie predominante em áreas onde o controle é ineficiente, apresenta uma tolerância diferenciada a herbicidas que possuem esses mecanismos de ação, quando comparada à espécie *D. ciliaris* (DIAS et al. 2005).

Com o objetivo de averiguar a origem e o nível dessa tolerância existente entre as espécies, vários trabalhos foram realizados até o presente momento, proporcionando subsídio ao entendimento desse fenômeno. Utilizando o herbicida diuron para verificar a absorção e translocação deste herbicida notou-se que quando o mesmo foi aplicado em área foliar não ocorreu diferença entre as espécies *D. nuda* (tolerante) e *D. ciliaris* (suscetível) em relação à quantidade absorvida do herbicida e que a translocação da parte aérea em direção aos tecidos inferiores é mínima (DIAS et al., 2003). Já teste realizados para verificar a absorção e translocação do mesmo herbicida via sistema radicular, demonstrou que apesar da translocação do herbicida entre as espécies ser igual, a absorção do herbicida por *D. nuda* é menor até as 20 h após a aplicação, vindo a tornam-se igual no período de 72 h após a aplicação. Essa observação indica que, inicialmente, a menor absorção do herbicida por *D. nuda* pode

estar relacionada com a tolerância diferenciada apresentada pela mesma (SOUZA, 2011).

Os aspectos da metabolização do herbicida diuron a moléculas menos fitotóxicas também foram alvos de estudos objetivando explicar a tolerância de *D. nuda*. De forma geral foi constatado que tal espécie quando submetida a aplicação do herbicida apresenta maior expressão do gene CYP81A6, responsável pela codificação da enzima citocromo P450 monooxigenase (SOUZA, 2011). Tal enzima atua causando modificações não sintéticas, reduzindo a fitotoxicidade da molécula do herbicida e fornecendo sítios de ligações para conjugação de glicose, aminoácidos ou glutatonas (SIMINSZKY, 2006).

2.4 Competição e habilidade competitiva de plantas daninhas

A interação entre plantas poder provocar impactos negativos para uma ou ambas espécies. Um dos fatores limitantes para o desenvolvimento de cultivos agrícolas são as plantas daninhas, que interferem diretamente sobre o desenvolvimento dos cultivos. Essa interferência é denominada competição. A competição pode ser definida como a interação negativa que ocorre quando plantas disputam, em ambiente com pouco suprimento, recursos de um mesmo ambiente, interferindo diretamente no crescimento ou sobrevivência da espécie menos adaptada ou modificam seu desenvolvimento, quando comparadas com plantas crescendo isoladamente (BLANCO, 1972; ZANINE; SANTOS, 2004; FLECK et al., 2009). As plantas apresentam capacidade competitiva diferenciada, podendo mesmo sobre interferência se sobressair, isso é conhecido como habilidade competitiva.

Habilidade competitiva capacidade que uma planta cultivada tem em responder a competição com plantas infestantes em manter a produtividade sob situação de competição ou reduzir por supressão o crescimento das plantas infestantes por meio do efeito da interferência (JANNINK et al., 2000).

Características como emergência precoce, vigor de plântulas, expansão foliar, formação do dossel, altura da planta, ciclo de desenvolvimento rápido crescimento radicular, suscetibilidade a intempéries climáticas e alelopatia são características

determinantes para sucesso competitivo de uma espécie (PITELLI, 1985; ZANINE; SANTOS, 2004).

A presença de plantas daninhas em competição com cultivos agrícolas pode interferir ao ponto de inviabilizarem a colheita, reduzindo drasticamente a produtividade da cultura (KUVA et al., 2001; KUVA et al., 2003). Estas espécies são bem adaptadas ao meio, apresentam elevada capacidade de produção de diásporos, que possuem sua germinação descontínua (PITELLI, 1987). Os recursos mais demandados pelas plantas daninhas no processo de competição são sais minerais, água, luz e limitação de espaços aéreos e subterrâneos (PITELLI, 1987; RADOSEVICH et al., 1997).

Em geral as plantas daninhas apresentam maior habilidade competitiva que os cultivos agrícolas. A obtenção de variedades melhorada prioriza a seleção de características produtivas em detrimento de características que conferem rusticidade (PITELLI, 1985; VARGAS et al. 2006). Contudo em algumas situações as plantas cultivadas são mais competitivas que as plantas daninhas (RIGOLI et al., 2008; AGOSTINETTO et al., 2013). Em grande parte a maior habilidade competitiva das plantas cultivadas não são notadas devido a ocorrem em populações superiores a das plantas cultivadas (BIANCHI et al., 2006).

Em áreas agricultáveis a densidade das plantas daninhas é variável de acordo com o grau de infestação no local, enquanto para as plantas cultivadas a densidade é mantida constante. Sendo assim ocorre também uma variação na proporção entre a densidade de plantas da cultura e das espécies daninhas, apontando assim para a importância de estudos competitivos que levem em consideração não apenas a influência da densidade no processo competitivo mas também a influência das variações nas proporções entre as espécies (PASSINI, 2001).

O conhecimento das interações competitivas entre espécies requer o emprego de modelos de estudos apropriados para análise dos dados. A densidade de plantas, a proporção de uma espécie em detrimento da outra e as interações inter e intraespecíficas são fatores importantes para competição entre as plantas (ROUSH et al., 1989).

O uso de experimentos em séries substitutiva, tem sido um modelo matemático bastante utilizado para avaliar o efeito das proporções entre espécies, possibilitando

o estudo da competição inter e intra-específica (RIGOLI et al., 2008; MAGRO et al., 2011; GALON et al., 2014).

O delineamento em série substitutiva consiste em determinar qual o melhor competidor entre duas espécies ou biótipos e compreender como as duas espécies interagem entre si (COUSENS, 1991). Consiste em manter constante uma densidade total de plantas e variar as proporções entre duas espécies. Estabelece-se um estande puro de uma espécie e de forma progressiva suas plantas são substituídas por outras de uma segunda espécie até que o estande sejam composto apenas por esta última (COUSENS, 1991; BIANCHI et al., 2006; GALON et al., 2013).

Os resultados obtidos das combinações podem ser interpretados por meio do método da análise gráfica da produtividade relativa (RADOSEVICH et al., 1987), por meio da resposta da produção da massa vegetal de cada espécie, conforme a variação na proporção entre as plantas, em relação a produção de massa vegetal na ausência da competição intra e interespecífica.

A produção esperada é definida pela linha reta que liga o ponto de produção onde encontra-se estande puro (100:0) ao ponto onde encontra-se zero (0:100). Nessas condições a competitividade é equivalente, onde a competição intraespecífica é a equivalente a interespecífica, ou seja a habilidade das espécies em interferirem entre si é equivalente. Desta forma cada espécie contribui para a massa total conforme sua proporção na mistura (PASSINI, 2001).

A produtividade relativa (PR) para cada espécie é conseguida pela razão entre a média da massa vegetal, nas respectivas proporções da mistura entre as espécies, e a média do monocultivo da espécie. Quando a projeção da curva originada pela PR for em linha reta, considera-se que não ocorreu efeito de uma espécie sobre a outra, ou que a espécie possui habilidade de interferir sobre a outra equivalente. Se a projeção da PR representar uma linha côncava, indica a ocorrência de prejuízo de uma ou ambas espécies. Caso a PR apresente projeção convexa, existe benefício no crescimento de um ou ambas as espécies comparadas. Por meio da soma das produtividades relativas das espécies nas proporções, pode-se obter a produtividade relativa total (PRT). A PRT sendo igual a uma linha reta, ou seja 1, implica dizer que ocorreu competição pelos mesmos recursos. Com projeções convexas, superiores a 1, não ocorre competição devido ao suprimento de recursos ser superior a demanda

ou as espécies possuem diferentes demandas pelos recursos. Se ocorre projeção côncava, inferior a 1, as espécies são antagônicas, havendo prejuízo para ambas (COUSENS, 1991).

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipos de capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 757-766, 2008.
- _____. et al. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, DF, v. 48, n. 10, p. 1315-1322, 2013.
- ALMEIDA, F. A. **Competição entre cana-de-açúcar e plantas daninhas na fase inicial de crescimento vegetativo**. 2012. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL, 2012.
- BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ci. Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 5, p. 1380-1387, 2006.
- BLANCO, H.G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle das plantas daninhas. **O Biológico**, Campinas, SP, v.38, p.343-350, 1972.
- CANTO-DOROW, T. S. *Digitaria* Heister ex Haller. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M. (Ed.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 2001a. p. 143-150.
- _____. **O gênero *Digitaria* Haller (Poaceae -Panicoideae -Poniceae) no Brasil**. 2001. 386 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Série histórica de produção de cana-de-açúcar**. Brasília, DF: CONAB, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 20 fev.2015.
- COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technol.**, v. 5, n. 3, p. 664-673, 1991.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. **Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase e acetil coenzima A carboxilase**. 2000. 211 f. Tese (Livre docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2000.
- _____.; CAETANO, R. S. X. Soil seed banks. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 55, p. 74-78, 1998.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Ed.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Piracicaba: HRAC, 2008. p. 9-34.

DIAS, A. C. R.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Capim-colchão: identificação e manejo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 2009. 60 p.

_____. R.et al. Problemática da ocorrência de diferentes espécies de capim-colchão (*Digitaria* spp.) na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, p.489-499, 2007.

DIAS, N. M. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; TORNISIELO, V. L. Identificação taxonômica de espécies de capim-colchão infestantes da cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo e eficácia de herbicidas no controle de *Digitaria nuda*. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 64, n. 3, p. 389-396, 2005.

_____. et al. Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies suscetível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria* spp.). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.21, n.2, p.293-300, 2003.

_____. et al. Population dynamics of *Digitaria* spp. submitted to selection pressure by herbicides in sugarcane crop. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 40, n. 1, p. 21-28, 2005b.

FERREIRA, E. A. et al. Potencial competitivo de biótipos de Azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 261-269, 2008.

FLECK, N. G. et al. Associação de características de planta em cultivares de aveia com habilidade competitiva. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.27, n.2, p. 211-220, 2009.

GALON, L. et al. Interação competitiva de genótipos de arroz e papua. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.32, n. 3, p. 533- 542, 2014.

HEAP, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Available: <www.weedscience.com> .Sunday, April 13, 2014.

HOFFMAN, M. L.; BUHLER, D. D. Utilizing *Sorghum* as a functional model of crop weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. **Weed Sci.**, v. 50, n. 4, p. 466-472, 2002

JANNINK, J. L. et al. Index selection for weed suppressive ability in soybean. **Crop Science**, v. 40, p. 1087-1094, 2000.

KISSMANN, K. G., **Plantas infestantes e nocivas: plantas inferiores e monocotiledôneas**. São Bernardo do Campo, SP: BASF, 1997. Tomo 1.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 323-330, 2001.

_____. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

MAGRO, T. D. et al. Habilidade competitiva entre biótipos de *Cyperus difformis* L. resistente ou suscetível a herbicidas inibidores de ALS e destes com arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 70, n. 2, p. 294-301, 2011.

MEIRELLES, G. L. S.; ALVES, P. L. C. A.; NEPOMUCENO, M. P. Determinação dos períodos de convivência da cana-soca com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 67-73, 2009.

PASSINI, T. **Competitividade e predição de perdas de rendimento da cultura do feijão quando em convivência com *Brachiariaplantaginea* (Link) Hitchc.** 2001. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de , Queiroz, Piracicaba, SP 2001.

PITELLI, R.A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v.11, n.129, p.16-27, 1985.

RADOSEVICH, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**, v. 1, n. 3, p. 190-198, 1987.

_____; HOLT, J.; GHERSA, C. Weed ecology: implications for vegetation management. 2. ed. New York: Wiley, 1997. 589 p.

RIGOLI, R. P. et al. Habilidade competitiva de trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 93-100, 2008.

ROUSH, M. L. et al. Comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. **Weed Sci.**, v. 37, n. 2, p. 268-275, 1989.

SIMINSZKY, B. Plant cytochrome P450-mediated herbicide metabolism. **Phytochemistry Review**, Leiden, v. 5, p. 445-458, 2006.

SOUZA, R. C. **Características fisiológicas da tolerância de *Digitaria nuda* a herbicidas aplicados na cultura da cana-de-açúcar.** 2011. 63 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade São Paulo, Piracicaba, SP, 2011.

_____. et al. Differential tolerance of two species of the genus *Digitaria* to herbicide recommended for sugarcane crop. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, AL, v. 1, p. 13-20, 2013.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho**. Passo Fundo, MG: Embrapa Trigo, 2006.

VENTRELLA, A. et al. Herbicides affect fluorescence and electron transfer activity of spinach chloroplasts, thylakoid membranes and isolated photosystem II. **Bioelectrochemistry**, v.79, p.43-49, 2010.

VIVIAN, R. et al. Análise de crescimento de erva-de-touro em competição com soja cultivada sob deficiência hídrica. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 599-610, 2013.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas - uma revisão. **R. FZVA**, Uruguaiana, RS, v. 11, n. 1, p. 10-30, 2004.

3 TOLERÂNCIA DIFERENCIAL DE ESPÉCIES DE CAPIM-COLCHÃO A HERBICIDAS INIBIDORES DE FOTOSSISTEMA II

RESUMO

A prática do controle químico de plantas daninhas têm contribuído para o surgimento de plantas tolerantes ou resistentes a herbicidas. Esse fato tem sido constatado pela seleção da espécie *Digitaria nuda* em agroecossistema de cana-de-açúcar. O presente trabalho teve como objetivo averiguar a existência de tolerância diferencial em populações de capim-colchão a herbicidas inibidores de fotossistema II. Realizou-se levantamento das principais espécies de capim-colchão e 10 áreas de produção de cana-de-açúcar, pertencentes a 4 unidade produtivas. Para constatar a possível ocorrência de tolerância ou resistência, as populações foram submetidas a teste de eficácia agrônômica aos herbicidas hexazinona, imazapic, Amicarbazone, diurin, tebuthiuron e ametryne, usualmente utilizados em sistema convencional de produção. Por fim observou-se a suscetibilidade diferencial entre três populações de *Digitaria nuda* e uma de *D. ciliaris*, aos herbicidas diuron, tebuthiuron e ametryne. Sendo que duas populações de *D. nuda* foram obtidas em cultivo convencional e uma em área de produção de cana orgânica. A espécie *D. ciliaris* foi escolhida por apresentar suscetibilidade aos herbicidas. Foram encontradas nas áreas coletadas as espécies *D. nuda*, *D. ciliaris*, *D. bicornis* e *D. horizontalis*. Os herbicidas utilizados para controle das populações obtiveram controle médio superior a 80%, para todas as populações. Ocorreu suscetibilidade diferencial entre as populações de *D. nuda* e *D. ciliaris*. As populações de *D. nuda* oriundas de canaviais convencionais foram mais tolerantes ao herbicida diuron, não sendo controladas totalmente com a dose comercial. Já a população de *D. nuda* advinda de cultivo orgânico e a *D. ciliaris* foram controladas em 100% pela aplicação da referida dose.

Palavras chave: Capim-colchão. *Digitaria* spp. Resistência. Fitossociologia.

DIFFERENTIAL TOLERANCE OF CRABGRASS SPECIES TO HERBICIDE INHIBITORS OF PHOTOSYSTEM II

ABSTRACT

The practice of chemical control of weeds has contributed to the emergence of plants tolerant or resistant to herbicides. This fact has been stated by the selection of the *Digitaria nuda* specie in sugarcane agroecosystem. This study had as objective to verify the existence of differential tolerance in populations of crabgrass to herbicide inhibitors of photosystem II. The main species of crabgrass and 10 production areas of sugarcane, belonging to 4 productive unit were surveyed. To verify the possible occurrence of tolerance or resistance, the populations were submitted to an agronomic efficacy test to hexazinone herbicides, imazapic, Amicarbazone, diuron, tebuthiuron and ametryne, normally used in conventional production system. Finally, a differential susceptibility was observed among three populations of *Digitaria nuda* and one of *D. ciliaris*, to the diuron, tebuthiuron and ametryne. Therefore, two populations of *D. nuda* were obtained in conventional cultivation and one in an organic sugarcane production area. The *D. ciliaris* specie was chosen because it presented susceptibility to the herbicides. The following species, *D. nuda*, *D. ciliaris*, *D. bicornis* and *D. horizontalis* were found in the areas collected. The herbicides used for controlling the population obtained an average control larger than 80% for all populations. Differential susceptibility occurred between the *D. nuda* and *D. ciliaris* populations. The *D. nuda* populations derived from conventional sugarcane fields were more tolerant to the herbicide diuron, not fully controlled with the commercial dose. Moreover, the *D. nuda* population derived from organic farming and the *D. ciliaris* population were controlled at 100% by the application of the referred dose.

Keywords: Crabgrass. *Digitaria* spp. Resistance. Phytosociology.

3.1 INTRODUÇÃO

Algumas espécies pertencentes ao gênero *Digitaria*, família Poaceae, são conhecidas como capins-colchão, são plantas daninhas cosmopolitas, bastante agressivas, interferindo em mais de 30 cultivos de interesse econômico (KISSMANN, 1997), incluindo o agroecossistema de cana-de-açúcar em todo Brasil (DIAS, et al. 2005a; DIAS, et al. 2005b). A competição com a cultura, no desenvolvimento inicial, pode causar redução aproximada de 70% da área foliar (ALMEIDA, 2012), sendo necessário efetuar o controle dessas plantas daninhas, que em sua maioria é realizado pela aplicação de herbicidas pré-emergência (DIAS, et al. 2005a).

Para o controle de capim-colchão na cultura de cana-de-açúcar são mais utilizados herbicidas pré-emergente pertencentes aos grupos dos inibidores de fotossistema II (ametrina, diuron, tebutiuron, metribuzin, diuron + Hexazinone), da síntese de carotenoides (isoxaflutole) e da enzima acetolactatosintase (Imazapic e Imazapir). O uso constante do método químico no país tem propiciado ocorrência de casos de falha de controle da espécie *Digitaria nuda* Schumacher (DIAS, et al. 2005a). Atribui-se o surgimento de populações de *D. nuda* com níveis de tolerância diferenciado ao uso indiscriminado de herbicidas que inibem o fotossistema II (PSII) e a enzima aceto lactato síntese (ALS) (DIAS, et al., 2005; SOUZA, et al., 2013). Esse fato por um determinado período causou problemas ao setor sucroalcooleiro. Contudo a mesma sendo identificada de forma correta pode possibilitar ao agricultor o controle da população utilizando herbicidas mais eficazes em seu controle (DIAS, et al., 2005; VIEIRA, et al., 2010; SOUZA, et al., 2013).

Por serem muito parecidas a identificação dessas espécies, em situação de campo, pelo agricultor é quase que impossível, devido a semelhança morfológica existente entre elas (DIAS et al., 2007). A identificação taxonômica correta requer a utilização de chaves dicotômicas complexas, específicas para o gênero (CANTO-DOROW, 2001; VEGA; RÚGOLO DE AGRASAR, 2007), pessoas com alta qualificação técnica e equipamentos com capacidade de aumentar no mínimo 25 vezes o tamanho de suas estruturas reprodutiva (DIAS, et al., 2005a, DIAS et al., 2007). Os agricultores têm utilizados de forma indiscriminada herbicidas indicados para controle de *Digitaria ciliaris* e *Digitaria horizontalis* devido à falta de identificação

da espécie predominante, promovendo com isso a predominância em determinadas regiões da espécie *D. nuda* (DIAS, et al. 2005a).

A determinação do herbicida capaz de controlar uma espécies é conseguida pelo uso do teste de eficácia agrônômica. Esse ensaio consiste em efetuar aplicação da dose do herbicida recomendada pelo seu fabricante (DIAS, et al., 2005). Experimento com essa natureza revelou que a planta pode responder de formação diferente mesmo sobre a aplicação de herbicidas que possuem o mesmo mecanismos de ação. A espécie *D. nuda* foi submetida a aplicação de diuron, tebuthiuron e imazapic e não foi controlada com aplicação da dose comercial, acontecendo um escape. Contudo quando sobre a ação do herbicida ametryne seu controle atingiu o nível máximo, sendo controladas 100% das plantas (DIAS, et al., 2005; SOUZA, et al., 2013). A ocorrência de escape a ação de um herbicida pode estar relacionado ao surgimento de resistência ou a ocorrência de tolerância diferencial por parte da espécie.

A comprovação de níveis de tolerância diferenciada de uma espécie de planta daninhas pode ser obtido pela aplicação de curva de dose resposta, onde em condições de casa-de-vegetação a espécie é submetida a variação em escala logarítmica a aplicação de um herbicida. Por meio de equação gerada pelo modelo log-logístico proposto por (SEEFELDT et al., 1995), é possível calcular o índice GR_{50} pelo qual pode-se determinar a dose do herbicida necessária para redução de 50% do crescimento de uma população de plantas.

O objetivo desse trabalho foi verificar a existência de tolerância e /ou resistência de populações de capim-colchão, oriundas de falhas de controle de herbicidas utilizados em canaviais de Alagoas e avaliar a suscetibilidade diferencial de populações de *D. nuda* a herbicidas inibidores de fotossistema II.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Levantamento e identificação de espécies de capim-colchão

3.2.1.1 Coleta das amostras para identificação

A coleta das panículas foi realizada no período de novembro de 2013 a janeiro de 2014 em cultivos de cana-de-açúcar, com infestação aparente ocorrida após à aplicação de herbicidas. Nas unidades visitadas foram identificados lotes com histórico da presença das espécies do gênero *Digitaria*. As visitas ocorreram em quatro unidades produtivas, Usina Caeté-Unidade Cachoeira, Usina Santa Clotilde, – Usina Santo Antônio e Usina Caeté – São Miguel dos Campos, sendo coletado um total de 2000 panículas em 10 áreas (TABELA 1).

Tabela 1– Localização das áreas de coleta de capim-colchão nas unidades Sucroalcoleiras.

	Latitude	Longitude	Local de coleta
UC1*	S 09° 23' 00,1"	W 035° 39' 33,2"	Faz. Santa Virgínia/Maceió- AL
UC2	S 09° 25' 16,8"	W 035° 40' 45,7"	Faz. Boa Vista/Maceió-AL
UC3	S 09° 25' 46,8"	W 035° 40' 33,8"	Faz. Boa Vista/Maceió-AL
USA1	S 09° 22' 23,2"	W 035° 32' 49,0"	Faz. Santa Rosa II/ Barra de Santo Antônio-AL
USA2	S 09° 26' 25,7"	W 035° 33' 04,8"	Faz. Sapucaí/ Paripueira-AL
USA3	S 09° 22' 16,2"	W 035° 34' 11,2"	Faz. Santa Rosa II/ Barra de Santo Antônio-AL
USC1	S 09° 27' 41,4"	W 035° 51' 24,6"	Faz. Pau Amarelo/ Rio Largo-AL
USC2	S 09° 27' 18,8"	W 035° 49' 05,1"	Faz. Pau Amarelo/ Rio Largo-AL
USC3	S 09° 26' 48,4"	W 035° 50' 44,0"	Faz. Pau Amarelo/ Rio Largo-AL
U Caeté	S 09° 42' 46,1"	W 036° 08' 01,5"	Faz. São Carlos/ São Miguel dos Campos-AL

Fonte: Autor (2015).

* UC- Usina Caeté-Unidade Cachoeira, USC – Usina Santa Clotilde, USA – Usina Santo Antônio, U Caeté – São Miguel dos Campos.

As coletas das amostras ocorreram conforme as recomendações de Dias et al. 2009. Foram realizados caminhamento aleatórios na áreas indicadas pelos técnicos das usinas. No total foram coletadas 200 panículas, em sub amostras de 20 panículas, em cada talhão infestado com plantas de capim-colchão. Nas amostragens foram evitados coletas nas bordas de talhões, carregadores, áreas assoreadas e erodidas, plantas na linha da cultura e plantas das entrelinhas cobertas por palhada. As coletas foram realizadas nos dias sem chuva para não favorecer a alta umidade no material

vegetal. As panículas foram armazenadas em sacos de papel identificados com as informações referentes à data da coleta, a localização no mapa de campo, posicionamento geográfico via satélite (GPS) e o nome do coletor. Obteve-se nas áreas onde foram realizadas as coletas, o histórico da utilização dos herbicidas pré-emergentes, conforme pode ser visto na tabela 2.

Tabela 2. Histórico dos herbicidas pré-emergentes utilizados nas áreas de coleta de capim-colchão.

ÁREAS*	HISTÓRICO DOS HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES UTILIZADOS			
	2010	2011	2012	2013
UC1	DIUR e TEB.	DIUR e TEB.	DIUR e HEX.	TEB.
UC2	DIUR e HEX.	DIUR e HEX.	IMAZ.	AMIC.
UC3	DIUR e HEX.	DIUR e HEX.	DIUR.	DIUR, HEX e SULF-MET.
USA1	SULF e HEX.	SULF e HEX.	SULF e HEX.	SULF e HEX.
USA2	SULF e DIUR.	SULF, DIUR e HEX.	SULF, DIUR e HEX.	METR e DIUR.
USA3	SULF e HEX.	SULF e HEX.	SULF e HEX.	DIUR.
USC1	DIUR, TEB e DIUR.	Não foi aplicado pré-emergente	ISOX, AMET e HEX.	ISOX, CLOMeHEX.
USC2	DIUR, AMET e SULF.	DIUR, HEX, DIUR e HEX.	TEB, ISOX, DIUR e AMIC.	ISOX, DIUR e HEX.
USC3	DIUR.	TEB, DIUR, HEX, DIUR e HEX.	DIUR, HEX, TEB, AMET, HEX e ISOX.	METR e DIUR.
U Caeté	DIUR + HEX.	DIUR.	SULF e HEX.	DIUR + HEX.

Fonte: Autor (2015).

* UC- Usina Caeté-Unidade Cachoeira, USC – Usina Santa Clotilde, USA – Usina Santo Antônio, U Caeté – São Miguel dos Campos, DIUR - diuron, TEB -tebuthiuron, HEX - hexazinone, IMAZ -imazapic, AMIC -amicarbazone, SULF - sulfetrazone, SULF-MET –sulfometuron-methyl, METR - metribuzin, AMET -ametryne, CLOM –clomazone.

3.2.1.2 Identificação taxonômica das espécies

As amostras coletadas foram transportadas para o laboratório da Clínica Fitossanitária da Universidade Federal de Alagoas. A identificação das espécies foi realizada com a observação, em microscópico estereoscópio, das estruturas reprodutivas utilizando chave taxonômica descrita por Canto-Dorow (2001). As panículas foram separadas de acordo com características típicas das principais espécies. Para definição dos biótipos tipos das espécies foram levadas em consideração as características: comprimento da espiguetta (mm), a presença ou ausência da gluma (I), comprimento da gluma II (mm), a presença ou ausência de tricoma ultrapassando a espiguetta, tricomas nas ráquis, comprimento da lígula (mm) e indumento da espiguetta (CANTO-DOROW, 2001; KISSMANN, 1997). As panículas que representavam os exemplares dos biótipos das espécies predominantes em cada área de coleta, foram remetidos para identificação por especialistas do Herbário do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria (Herbário SMDB).

3.2.2 Eficácia agronômica de herbicidas utilizados em cultivo de cana-de-açúcar em populações de *Digitaria* spp

3.2.2.1 Preparo do solo

O solo utilizado para o preenchimento dos vasos, com volume de 1 dm³, foi retirado da camada superficial, na profundidade de 0-20 cm, em área cultivada com cana-de-açúcar, no Município de Rio Largo-AL. O solo foi peneirado e homogeneizado. Uma amostra foi composta por dez sub amostras do solo foi enviado para análise física e química de acordo com a tabela 3 (EMBRAPA,1997). A correção da fertilidade do foi realizada com base na recomendação para cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 3 - Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento de eficácia agrônômica de herbicidas em populações de capim-colchão.

Composição granulométrica (%)			pH(H ₂ O)	M.O(%)	P (mg.dm ⁻¹)	V(%)
Areia	Silte	Argila	5,6	3,65	37	43,1
54,8	26,8	18,4				
Classe textura: Franco-arenoso						
Cátions Trocáveis (mmolc.dm ⁻³)						
K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	H+Al	CTC	
180	2,9	1,5	5	6,6	5,1	

Fonte: Autor (2015).

3.2.2.2 Delineamento experimental e aplicação dos herbicidas

Os tratamentos foram conduzido inteiramente casualizados em esquema fatorial 10 X 7, com 5 repetições. Os tratamentos foram compostos de 10 populações de capim-colchão, coletadas em 4 unidades produtivas, submetida a 7 tratamentos herbicidas, sendo uma testemunha, que não recebeu à aplicação de herbicida. Os herbicidas utilizados foram diuron (2,4 l.ha⁻¹), tebuthiuron (1,1 l.ha⁻¹), hexazinone (0,446 l.ha⁻¹), ametryne (3,25 l.ha⁻¹), imazapic (0,12 Kg.ha⁻¹) e amicarbazone (1,05 Kg.ha⁻¹).

3.2.2.3 Obtenção das sementes utilizadas no experimento e Semeio e aplicação dos herbicidas

As sementes utilizadas foram obtidas a partir das populações de *Digitaria* spp coletadas nas diferentes unidades produtivas, que constam na tabela 1. As sementes foram selecionadas de sub amostras escolhidas aleatoriamente em cada área. Foram desprendidas das ráquis e misturadas, formando uma amostra composta para cada população. Cada amostra composta foi separada em subamostras de 580 sementes, as mesmas foram semeadas nos vasos preenchidos com solo e cobertas com uma fina camada de solo. Em seguida realizou-se a aplicação dos herbicidas.

Os herbicidas foram aplicados a um volume de pulverização correspondente a 200L ha⁻¹ de calda, em pressão de 40lb pol⁻², utilizando pulverizador costal pressurizado com ponta tipo leque, a uma altura média de 50cm da superfície alvo (DIAS et. al., 2005). Os vasos foram conduzidos a casa-de-vegetação, onde permaneceram até avaliação. Realizou-se os tratos culturais para controle de plantas daninhas indesejáveis por meio de catação manual e manteve-se a umidade do solo por meio de irrigação diária.

3.2.2.4 Avaliações e análise estatística

Após 50 dias de desenvolvimento, quando as plantas iniciaram seu estado reprodutivo, foi verificada a massa seca da parte aérea de cada tratamento. As plantas foram cortadas rente ao solo e colocadas em sacos de papel, que foram acondicionados em estufa de circulação de ar forçado a 65°C, até massa constante. Utilizando a massa do tratamento testemunha como padrão de máximo desenvolvimento, calculou-se a percentagem de controle de cada herbicida para cada população. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Constatada diferença significativa pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, os tratamentos foram comparados pelo testes de Tukey ao mesmo grau de significância.

3.2.3 Curva de dose-resposta em populações de *digitaria* spp. a herbicidas inibidores de PS II

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – CECA/UFAL, no Município de Rio Largo-AL, longitude 09° 27' 54" S e latitude 35° 49' 41" W.

Foram avaliadas quatro populações, três da espécie *D. nuda* e uma da espécie *D. ciliaries*. Duas população de *D. nuda* (DnUSC1 e DnUSC3) foram coletadas em áreas de produção de cana-de-açúcar, onde verificou-se falha de controle após a aplicação de herbicidas inibidores de PS II e uma população em áreas de produção de cana-de-açúcar orgânica (DnCO), certificada pelo Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural (IBD). A população da *D. ciliaris* foi inserida

nos ensaios como parâmetro de comparativo, já que a mesma é apontada como suscetível aos herbicidas utilizados. As populações de áreas convencionais de cultivo utilizadas no experimento foram selecionada entre as populações coletadas para o levantamento populacional (TABELA 1). Levou-se em consideração a possibilidade de serem da mesma unidade de produção, possuírem disponibilidade de sementes e terem sido submetidas a aplicações sistemáticas de herbicidas inibidores de fotossistema II, considerando a maior e menor quantidade de aplicações dos herbicidas diuron e tebuthiuron, apontados como tolerados pela espécie *D. nuda* (DIAS, et al 2005; SOUZA, et al. 2013). A população DnCO foi coletada em novembro de 2012, no município de Junqueiro-AL, em área de produção de cana-de-açúcar orgânica, da agroindústria de produção de aguardente Brejo dos Bois. A população de *D. ciliaris* foi coletada no município de Rio Lago, na fazenda de Pau Amarelo, em área com escape de capim-colchão em canavial pertencente a usina de produção de açúcar e álcool, Santa Clotilde, em dezembro de 2012.

3.2.3.1 Delineamento experimental e implantação do experimento

O delineamento utilizado para cada herbicida foi inteiramente casualizado, tendo como fatores quatro populações de duas espécies, submetidas a sete doses (0D, 0,125D, 0,25D, 0,5D, D, 2D e 4D), levando em consideração a dose recomendada pelo fabricante (D) para os herbicidas diuron ($2,4 \text{ l.ha}^{-1}$), tebuthiuron ($1,1 \text{ l.ha}^{-1}$) e ametryne ($3,25 \text{ l.ha}^{-1}$). O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi o mesmo utilizando no experimento de eficácia agrônômica, sendo submetido as mesmas condições de preparo do ensaio anterior.

Amostras de 120 sementes de cada população foram semeadas nas parcelas e cobertas com uma fina camada de solo. Em seguida ocorreu aplicação dos herbicidas. Os herbicidas foram aplicados a um volume de pulverização correspondente a 200 L ha^{-1} de calda, em pressão de 40 lb pol^{-2} , utilizando pulverizador costal pressurizado com ponta tipo leque, com calibração de altura, em média de 50 cm da superfície (DIAS et. al., 2005).

3.2.3.2 Avaliação e análise estatística

O efeito dos tratamentos foram observados no número de plantas germinadas, e na matéria seca da parte aérea, aos 54 dias após semeio e aplicação dos tratamentos. As plantas foram cortadas rentes ao solo e secas e estufa de circulação forçada do ar a uma temperatura de 65° C, até peso constante. Os dados de matéria seca da parte aérea foram convertidos em percentual de massa seca para cada tratamentos, por meio de comparação com o tratamento não desafiado, que foi considerado como possuidor de 100% de matéria seca.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Quando foi constatada diferença significativa para interação doses X populações, pelo teste F a 5% de probabilidade, os dados obtidos foram ajustados ao modelo de regressão não-linear sugerido por Stribig et. al. (1988), por meio da equação: $y=a/(1+(x/c)^d)$, onde: **y** é a porcentagem de controle; **x** a doses do herbicidas; **a** é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva; **c** é a dose que proporciona a porcentagem de 50%; **d** é a declividade da curva.

A susceptibilidade diferencial entre as espécies e as populações estudada foi verificada pela comparação da quantidade de ingrediente ativo (ia) de cada herbicida correspondente as percentagens de 50% de controle. Calculou-se também o fator de tolerância (R/S) das populações de *D. nuda*(tolerante) em relação a população de *D. ciliaris*, considerada suscetível (DIAS et al., 2005; SOUZA et al., 2013), pela razão entre população *D. nuda* e *D. ciliaris*.

3.3 Resultados

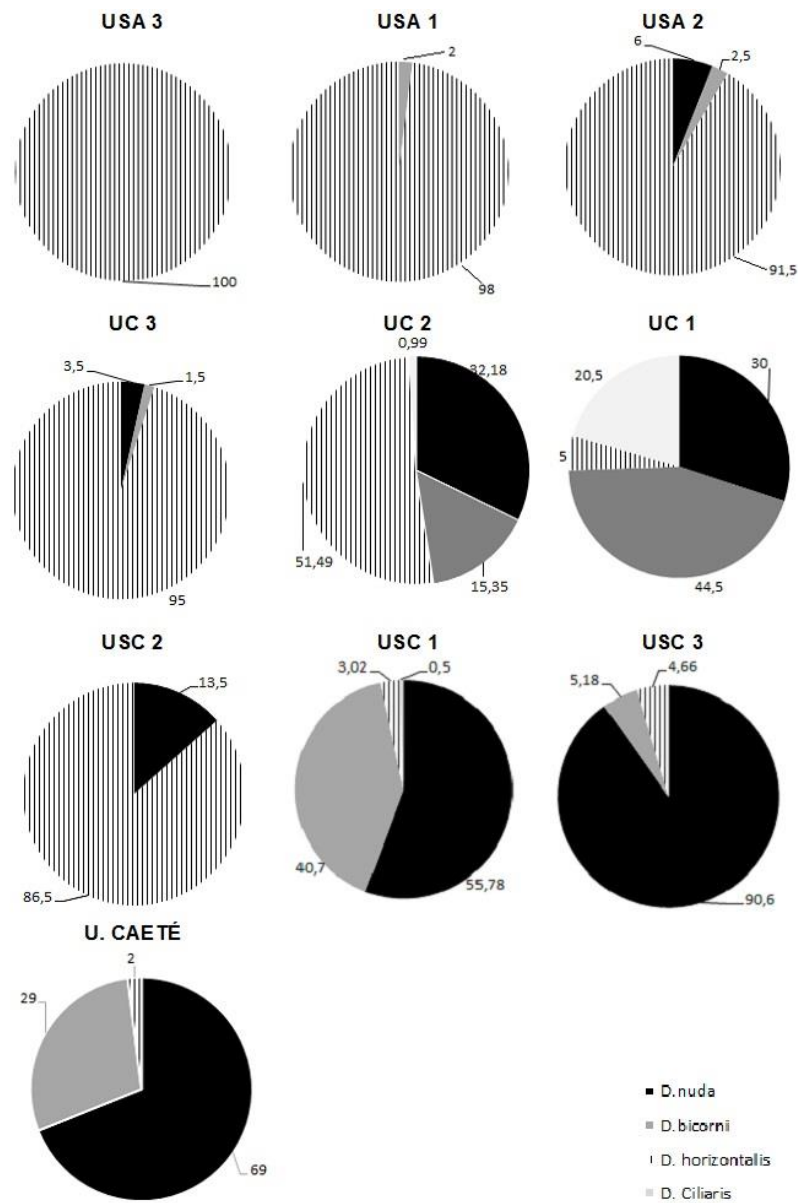
3.3.1 Levantamento e identificação de espécies de capim-colchão

Conforme levantamentos realizados nas áreas de cultivo das unidades de sucroalcooleiras foi constatado a ocorrência das espécies *D. nuda*, *D. horizontalis*, *D. bicornis* e *D. ciliaris* como mostra a figura 1. Neste contexto observa-se que a presença da espécie *D. horizontalis* nos lotes amostrados (USA1, USA2, USA3, UC1, UC2,

UC3, USC1, USC2, USC3 e U Caeté), sobressaindo-se nas unidades de produção em seus respectivos percentuais de infestação: USA3 (100%), USA1 (98%), UC3 (95%), USA2 (91,5) e USC2 (86,5%) (FIGURA 1). Já a espécie *D. nuda* apresentou nas áreas USA2 (6%), UC1 (30%), UC2 (32,18%), UC3 (3,5%), USC1 (55,78%), USC2 (13,5%), USC3 (90,6%) e U. Caeté (69%) (FIGURA 1).

A espécie *D. bicornis* está presente em oito das dez áreas: UC1 (44,5%), USC1 (40,7%), U Caeté (29%), UC2 (32%), USC3 (5,18%), USA2 (2,5%), USA1 (2%) E UC3 (1,5%). Esteve associada em grande parte a *D. nuda*, exceto na área USC2, onde foi verificado apenas associação entre *D. nuda* e *D. horizontalis* (FIGURA 1). Nos lotes onde ocorre dominância da espécie *D. horizontalis* foi constatado uma diminuição considerável das demais espécies, afetando principalmente *D. ciliaris*. Nas áreas visitadas a espécie *D. ciliaris* não se apresentou como um potencial problema de controle, pois foi encontrada em apenas três áreas e em níveis baixos, UC1 (20,5%), UC2 (0,99%) e USC1 (0,5%) (FIGURA 1).

FIGURA 1- Levantamento das principais espécies de capim-colchão em áreas de cana-de-açúcar de Alagoas.



Fonte: Autor (2015).

* USA (Usina Santo Antônio), UC (Usina caeté – Unidade Cachoeira), USC (Usina Santa Clotilde), U Caeté (Usina Caeté-Unidade São Miguel dos Campos).

3.3.2 Eficácia agrônômica de herbicidas utilizados em cultivo de cana-de-açúcar em populações de *Digitaria* spp

Frequentemente, espécies de um mesmo gênero ou família de plantas apresenta suscetibilidade diferenciada a um mesmo herbicida, o que pode causar o bom controle de algumas espécies e a seleção de outras. No presente trabalho foram constatadas diferenças estatísticas significativas F ($p \leq 0,05$), entre os tratamentos, evidenciando a existência de interação significativa entre as populações estudadas e os herbicidas utilizados (TABELA 4).

TABELA 4 – Quadro de análise de variância da eficácia de herbicidas sobre populações de capim-colchão.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	5	9184,59250	1836,91850	114,3133 *
Populações	9	958,35046	106,48338	6,6266 *
Int. Herb. X Pop.	45	6470,56414	143,79054	8,9482*
Tratamentos	59	16613,51710	281,58504	17.52*
Resíduo	120	1928,29940	16,06916	
Total	179	18541,81650		
CV (%)	4,31			

Fonte: Autor (2015).

(*) Significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Esta reação evidencia a existência de pelo menos um indivíduo das populações de capim-colchão com comportamento diferente dos demais quando submetido aos herbicidas herbicidas Imazapic, Ametrina e Amicarbazone.

Nesse sentido o Diuron demonstrou uma eficiência média de controle sobre as populações de quase 90%. O controle menos eficiente foi obtido com a utilização dos herbicidas Hexazinone e Tebuthiuron, com média de controle das 10 populações avaliadas entre 83 e 86%. Os inibidores de fotossistema II: Hexazinona, Tebuthiuron e Diuron, obtiveram um controle inferior a 80%, para as unidades produtivas testadas. Os herbicidas Hexazinone e Diuron apresentaram cinco áreas (Hexazinone:USA2,

UC2, USC2; Diuron: USA1, UC3) e o Tebuthiuron em três áreas (Tebuthiuron: UC1, USC2, USC3), onde o controle foi aquém do desejado. Foram áreas com baixa eficiência de controle para Hexazinone USA2, USC2 e UC2, com respectivos percentuais de controle de 73,23%, 72,45% e 79,54%. Para o herbicida Diuron foram observadas as áreas USA1 (76,30%) e UC3 (71,62%). Já nas populações UC1, USC2 e USC3, constatou-se que o herbicida Tebuthiuron teve uma eficiência abaixo do indicado como aceitável (80%), com percentuais de controle respectivos de 77,42, 72,42 e 70,49% (TABELA 5). Essas populações se mostram mediantemente suscetíveis a ação dos herbicidas (LORENZI, 2001).

TABELA 5 – Eficácia agronômica de herbicidas sobre populações de capim-colchão do Estado de Alagoas.

HERBICIDAS	POPULAÇÕES									
	USA1*		USA2		USA3		UC1		UC2	
Hexazinone	86,50	bB**	73,23	cCD	83,10	bcBC	87,14	bB	79,54	bBCD
Imazapic	100,00	Aa	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA
Amicarbazone.	100,00	Aa	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA
Diuron	76,30	cC	95,10	aA	81,10	cBC	94,10	abA	100,00	aA
Tebuthiuron	86,60	bBC	83,27	bBC	92,20	abAB	77,42	cCD	85,58	bBC
Ametryne	100,00	Aa	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA
HERBICIDAS	UC3		USC1		USC2		USC3		U CAETÉ	
Hexazinone	100,00	aA	80,01	cBCD	72,45	bD	80,37	bBCD	89,31	bB
Imazapic	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA
Amicarbazone.	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA
Diuron	71,62	bC	89,65	bAB	91,10	aA	96,10	aA	100,00	aA
Tebuthiuron	100,00	aA	90,10	abAB	72,42	bD	70,49	cD	100,00	aA
Ametryne	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA	100,00	aA

Fonte:

Autor (2015).

* USA (Usina Santo Antônio), UC (Usina caeté – Unidade Cachoeira), USC (Usina Santa Clotilde), U Caeté (Usina Caeté-Unidade São Miguel dos Campos)

.** As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas representam as colunas e as maiúsculas as linhas.

3.3.3 Tolerância de populações de *digitaria* spp a herbicidas utilizados em cultivo de cana-de-açúcar

A interação significativa entre as populações e as doses para todos os herbicidas foi observada analisando-se conjuntamente os dados percentual de matéria seca da parte aérea para as populações de *D. nuda* e *D. ciliaris* com as doses aplicadas dos herbicidas. Os resultados da anova indicam que a reação das populações dependem da concentração do herbicida utilizado (TABELA 6).

Tabela 6 - Resumo do quadro de análise de variância da massa seca residual das espécies de capim-colchão submetidas a herbicidas recomendados para cultura da cana-de-açúcar.

VARIÁVEL	FONTE DE VARIAÇÃO	F	P
DIURON			
Massa seca	DOSE (D)	199,6614	< 0,001
	ESPÉCIES (E)	11,2753	< 0,001
	INTERAÇÃO (D*E)	5,5572	< 0,001
TEBUTHIURON			
Massa seca	DOSE (D)	401,7740	< 0,001
	ESPÉCIES (E)	6,1875	< 0,001
	INTERAÇÃO (D*E)	7,9220	< 0,001
AMETRYNA			
Massa seca	DOSE (D)	100,7766	< 0,001
	ESPÉCIES (E)	9,6820	< 0,001
	INTERAÇÃO (D*E)	4,2761	< 0,001

Fonte: Autor (2015).

Os parâmetros das equações do modelo log-logístico, os coeficientes de determinação (r^2), doses de ingredientes ativos necessárias para redução de 50 % da massa seca da parte aérea (GR_{50}) e a razão de tolerância (RT) das populações

encontram-se na tabela 7. De forma geral as equações apresentaram um excelente ajuste com o modelo aplicado, com r^2 em sua maioria acima de 98%.

Comparando os valores de GR_{50} , pode-se verificar a existência de suscetibilidade diferencial entre as populações das espécies estudadas, as quais foram submetidas a interação com os herbicidas (TABELA 7). As populações submetida ao herbicida diuron se caracterizaram quanto a GR_{50} da seguinte forma: DnUSC 3 (2,89), DnCO (1,28), *D. ciliaris* (1,13), e DnUSC1 (1,10). A espécie *D. ciliaris*, foi a mais suscetível ao tebuthiuron com GR_{50} de 0,43, sendo seguida por DnUSC1 (0,30), DnCO (0,30) e DnUSC3 (0,26). Para a ametryna a ordem decrescente de suscetibilidade verificada foi: *D. ciliaris* (1,19), DnUSC3 (1,01), DnUSC1 (0,63), DnCO (0,47).

Levando em consideração que a espécie *D. ciliaris* tem sido apontada como uma espécie que possui menor tolerância, em relação a *D. nuda*, quando submetidas aos herbicidas utilizados (SOUZA, et al., 2013; DIAS, et al., 2005), tomou-se como parâmetro de maior suscetibilidade para comparação com todas as populações de *D. nuda*.

Pode-se destacar que a relação de tolerância (RT) entre as populações de *D. nuda* e a população de *D. ciliaris* apresentaram relação abaixo de 1 para os herbicidas tebuthiuron e ametryna (TABELA 7). Para o herbicida diuron a razão de tolerância observada foram superiores as conseguidas nos outros herbicidas, podendo ser destacadas as populações DnUSC3 e DnCO que obtiveram respectivas RT's de 2,57 e 1,13.

Tabela 7 – Parâmetros dos modelo log-logístico, coeficientes de determinação, valores de GR₅₀ e relação de tolerância de populações de *D. nuda* submetidos a herbicidas inibidores de fotossistema II.

DIURON		PARAMETROS DA EQUAÇÃO					
POPULAÇÕES	A	b	C	d	r ²	GR ₅₀	RT
DnUSC1	8,59	90,54	45,88	3,29	0,92	1,10	0,98
DnUSC3	- 1,94	83,35	120,67	5,88	0,86	2,89	2,57
DnCO	- 0,00	97,39	53,16	20,19	0,99	1,28	1,13
CILIARIS	- 0,64	98,31	46,99	5,14	0,99	1,13	---

TEBUTHIURON		PARAMETROS DA EQUAÇÃO					
POPULAÇÕES	A	b	C	d	r ²	RG ₅₀	RT
DnUSC1	- 0,01	99,80	26,97	12,66	1	0,30	0,69
DnUSC3	0,71	101,08	23,72	3,49	0,99	0,26	0,68
DnCO	- 0,54	94,85	27,68	6,27	0,98	0,30	0,71
CILIARIS	- 4,74	97,62	39,33	63,54	0,99	0,43	---

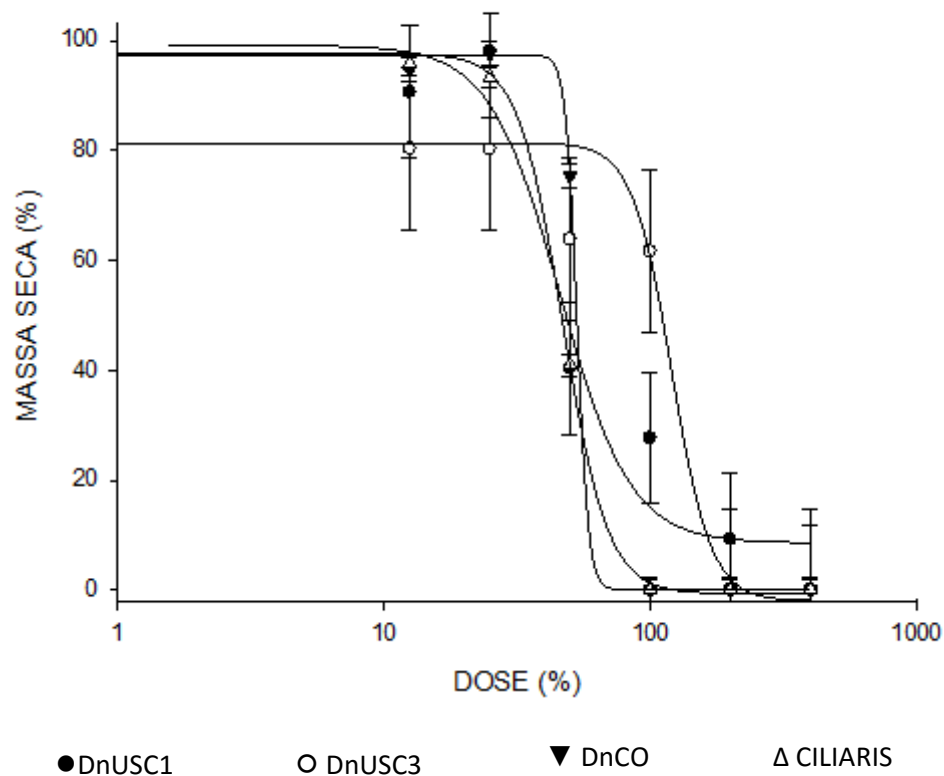
AMETRYNE		PARAMETROS DA EQUAÇÃO					
POPULAÇÕES	A	b	C	d	r ²	RG ₅₀	RT
DnUSC1	- 0,01	100,01	19,41	8,00	1	0,63	0,53
DnUSC3	- 0,12	95,25	30,96	6,25	0,99	1,01	0,85
DnCO	- 0,25	100,23	14,47	3,72	0,99	0,47	0,40
CILIARIS	- 0,07	97,64	36,64	6,11	0,99	1,19	---

Fonte: Autor (2015).

O herbicida Diuron foi efetivo para o controle das populações DnCO e Ciliaris controlando 100% das populações na aplicação recomendada na bula do fabricante. O resultados demonstram que as mesmas não possuem resistência ao herbicida (FIGURA 2). Em 50% da dose comercial foi verificado nessa populações uma redução de massa para 75,47% (DnCO) e 40, 96 (Ciliaris), sendo visível que a população de *D. ciliaris* estudada apresenta uma sensibilidade maior ao incremento das doses desse produto. As populações oriundas das áreas de cultivo da Usina Santa Clotilde não tivera suas massas controladas satisfatoriamente na dosagem comercial, sendo

verificado uma redução para 27,67 % e 61,69 % da massa para as populações de DnUSC1 e DnUSC3, demonstrando serem mais tolerantes aos herbicidas. Apesar de a percentagem de escape de matéria seca da população DnUSC3 ter sido maior que na DnUSC1 em 100% da dose, apenas a população DnUSC1 ocorreu escape de matéria seca em 200% da dose.

Figura 2 – Percentual de massa seca da parte aérea da populações de *D. nuda* as 54 dias da aplicação em doses crescentes do herbicida diuron.



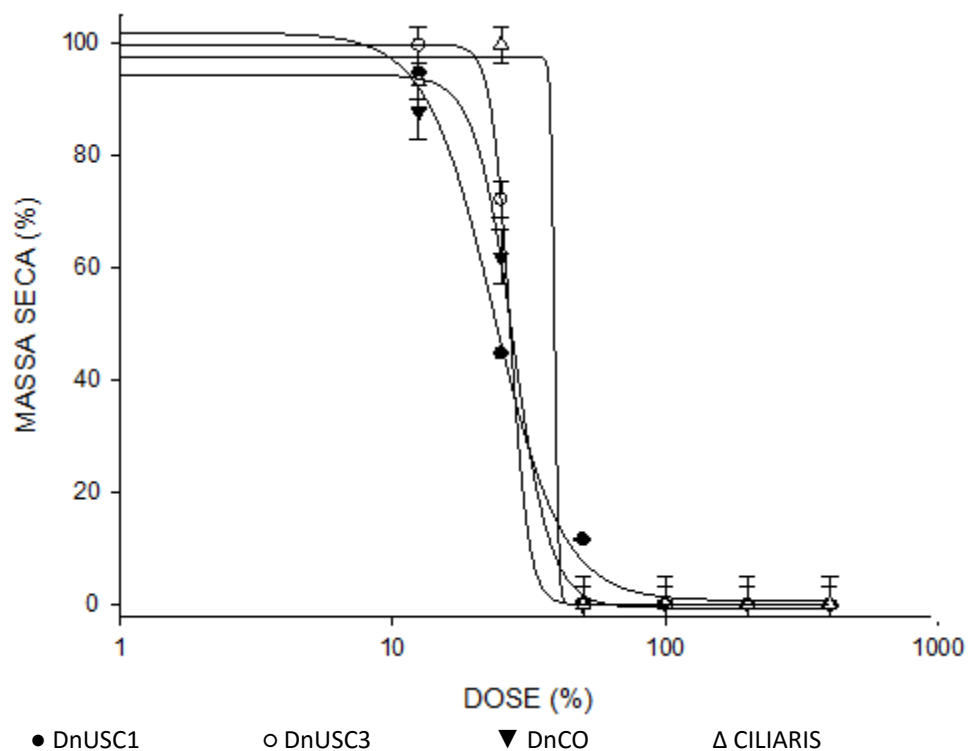
Fonte: Autor (2015).

Para os herbicidas tebuthiuron e ametryne o uso da dose comercial proporcionou uma redução de 100% da matéria seca da parte aérea em todas as populações estudadas (FIGURA 3 e 4).

Nas populações DnUSC3, DnCO e Ciliaris a redução da matéria seca ocorreu bruscamente entre os intervalos de 12,5 e 50% da dose comercial do herbicida tebuthiuron, partindo de uma massa variável de 61,87 a 99,72 % para 100% de

controle com o uso de 50% da dose recomendada. Diferente das demais populações a DnUSC1 apresentou uma redução gradual partindo de 100, 94,68, 44,73 e 11, 62 %, nas concentrações de 0, 12,5, 25, e 50 % da dose comercial (FIGURA 3).

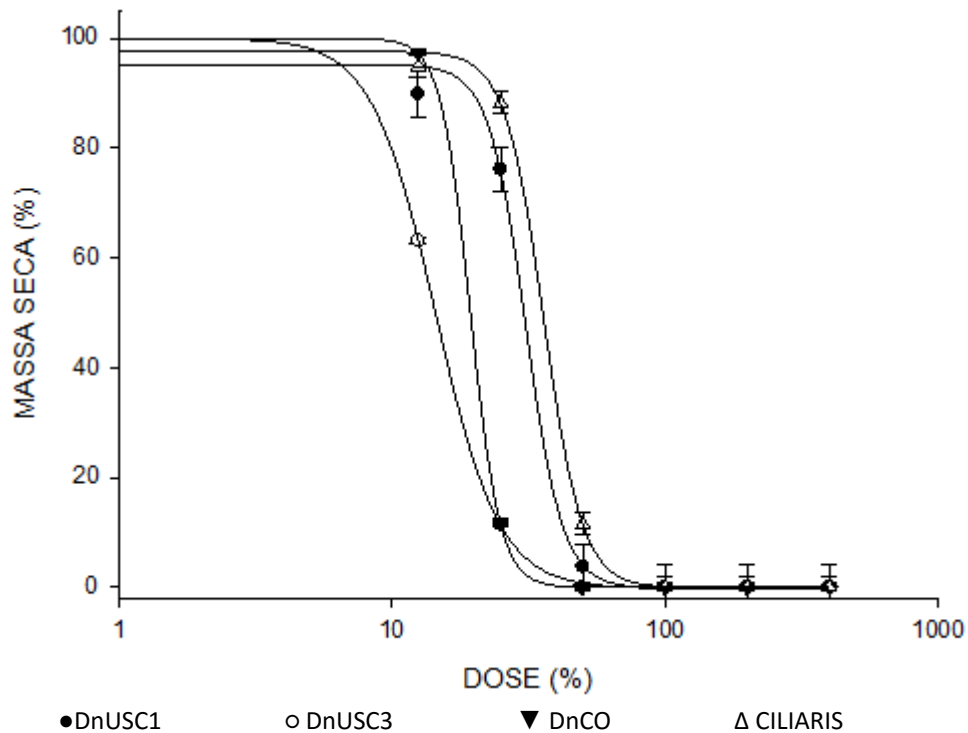
Figura 3 – Percentual de massa seca da parte aérea da populações de capim-colchão as 54 dias da aplicação em doses crescentes do herbicida tebuthiuron.



Fonte: Autor (2015).

A redução de massa pelo uso de ametryne ocorreu de forma gradual para todas as populações na medida em que se aumentou o percentual da dose aplicada. Nas populações DnUSC3 e DnCO a totalidade da redução da massa ocorreu a partir de aplicado 50% da dose recomendada. Já as populações DnUSC1 e Ciliaris só foi possível atingir o máximo controle quando aplicado 100% da dose (FIGURA 4).

Figura 4 – Percentual de massa seca da parte aérea da populações de capim-colchão as 54 dias da aplicação em doses crescentes do herbicida ametryne.



Fonte: Autor (2015).

3.4 Discussão

As Poaceas são comuns em áreas de cultivo tradicional de cana-de-açúcar que utiliza a queima antes da colheita (OLIVEIRA e FREITAS, 2008; DUARTE JUNIOR et al., 2009; SOARES et al., 2011). Nesse sistema de cultivo o gênero *Digitaria* destaca-se como plantas invasoras com percentual de infestação de 29 % dentre as infestantes (SOARES et al., 2011). No levantamento realizado nos canaviais de Alagoas foram identificadas 4 espécies pertencentes ao complexo capim-colchão. As referidas espécies também foram identificadas nos cultivos do Estado de São Paulo, onde foram encontradas 14 espécies pertencentes ao gênero *Digitaria* (CANTO-DOROW, 2001a; DIAS et al., 2003). Os baixos níveis da espécies *D. ciliaris* reforçam a hipótese proposta por Dias et al. (2005), que atribuem a baixa frequência

da espécie a alta suscetibilidade da mesma aos herbicidas pertencentes ao grupo das uréias substituídas, que são utilizados com frequência nas áreas estudadas, pois constata-se nas áreas estudadas a baixa incidência do gênero *D. ciliaris* (TABELA 2).

A presença da espécie *D. nuda* corrobora com os resultados encontrados por Dias et al. (2005). Os autores constataram que áreas onde havia histórico da aplicação de herbicidas inibidores de fotossistema II, ocorria a predominância da espécie. A espécie foi encontrada em oito das dez áreas levantadas. Nos lotes de produção da Usina Santo Antônio a espécie *D. nuda* não foi constatada nos lotes USA1 e USA3. Tais lotes a aplicação de herbicidas do grupo uréias substituídas, foi ausente (USA1) ou aplicada em apenas uma safra de cultivo (USA3).

Nas populações USA1, USA2, UC3 e USC2 ocorreu predominância da espécies *D. horizontalis*. Aos herbicidas utilizadas, a espécie é considerada como sendo altamente suscetível (LORENZI, 2001), comportamento que não foi verificado no presente experimento para as populações acima. De forma prática os resultados obtidos podem ser considerados insatisfatório, já que as populações não atingiram valores de controle de massa seca superiores a 80% (MARCIEL et al., 2002; CARVALHO et al., 2005; OLIVEIRA NETO et al., 2011).

As populações UC1, USC1 e USC3, foram populações compostas por mais de duas espécies, com predominância de *D. nuda* em USC1 e USC3. Mesmo população UC1 possuindo as quatro espécies, a frequência de *D. nuda* foi bastante alta. Os herbicidas Diuron e tebuthiuron foram constantemente utilizados em várias safras como pode ser verificado na tabela 2. Tais herbicidas tem sido apontados como selecionadores para espécie *D. nuda* em áreas de canaviais do estado de São Paulo, onde foi constatado que a aplicação da dose comercial do herbicida tebuthiuron controlou apenas 33% da biomassa (DIAS et al., 2005a).

O herbicida hexazinona apresentou as menores taxas de controle entre os herbicidas aplicados para cada população. Contudo exceto as populações USA2 e USC2, as demais foram controlada satisfatoriamente, com destaque para U CAETÉ e UC3, com percentuais de controle próximo de 90% e 100%, respectivamente. Esse fato provavelmente se deve a alta suscetibilidade a aplicação de herbicida, pois quase todos herbicidas utilizados controlaram 100% da matéria seca da população. Pelas

informações do histórico pode-se verificar a ocorrência de contato constante das populações e herbicidas inibidores de fotossistema II. Contudo a pressão de seleção sobre as populações devem ser duradoras para que se consiga verificar a manifestação do fenótipo tolerante ou resistente, podendo-se levar décadas (KISSMANN, 1996). Apesar da indicação de que os herbicidas foram utilizados durante o período de 2010 a 2013, a área UC3, havia sido administrada anteriormente por seu proprietário, o qual pode não ter efetuado as aplicações sistematicamente levando em consideração os critérios adotados pela usina. O mesmo fato pode ter ocorrido para população U CAETÉ.

Os resultados obtidos com a aplicação de doses crescentes do herbicida diuron, confirmam que aplicação constante de herbicidas em cultivos agrícolas para controle de plantas daninhas possibilita a seleção de populações com maior grau de resistência ou tolerância (DIAS et al., 2005; CARVALHO et al., 2006; 2006; SOUZA et al. 2013). Apesar dos valores das GR_{50} (TABELA 7) das populações DnUSC1, DnCO e Ciliaris serem muito próximos, os valores de DnCO e Ciliaris foram um pouco acima. No entanto o controle total das plantas nas populações de DnCO e Ciliaris foram obtidos pelo uso da dose comercial do produto, como se esperava que ocorresse, pelo fato *D. ciliares* ser sensível ao Diuron (DIAS et al., 2005; SOUZA et al., 2013) e a população de *D. nuda*, DnCO, ser oriunda de área onde aplicação de herbicidas não é realizada a décadas.

A sensibilidade semelhante entre as DnCO e Ciliaris, tendo ambas sido controladas em dose comercial, indica que existe uma tolerância diferencial entre os biótipos de *D. nuda* em estudo. As populações DnUSC1 e DnUSC3 não foram controladas satisfatoriamente, reduzindo a massa seca da parte aérea em valores menores que 80%. A população DnCO não recebeu aplicação de herbicidas, não sendo selecionado biótipos tolerantes ou resistentes. Isso indica que a tolerância diferencial existente entre espécies de capim-colchão, não está relacionada a fator inerente da espécie e sim da seleção intraespecífica, pela redução da variabilidade genética, selecionando os biótipos mais capazes de suportar doses maiores. O Percentual de controle insatisfatório utilizando o herbicida Diuron em plantas de *D. nuda*, oriundas de áreas convencionas também foram observados por Dias et al.

(2005) e Souza et al. (2013), que concluíram que a espécie possui uma tolerância diferencial quando comparada a outras espécies do gênero.

A tolerância da espécie *D. nuda* tem sido apontada como fator inerente da espécie. Com o objetivo de averiguar a origem e o nível dessa tolerância existente entre as espécies, vários trabalhos foram realizados até o presente momento, proporcionando subsídio ao entendimento desse fenômeno. Utilizando o herbicida diuron para verificar a absorção e translocação deste herbicida notou-se que quando o mesmo foi aplicado em área foliar não ocorreu diferença entre as espécies *D. nuda* (tolerante) e *D. ciliaris* (suscetível) em relação à quantidade absorvida do herbicida e que a translocação da parte aérea em direção aos tecidos inferiores foi mínima (DIAS et al., 2003). Já testes realizados para verificar a absorção e translocação do mesmo herbicida via sistema radicular demonstrou que apesar da translocação do herbicida entre as espécies ser igual, a absorção do herbicida por *D. nuda* é menor até as 20 h após a aplicação, vindo a tornam-se igual no período de 72 h após a aplicação. Essa observação indica que, inicialmente, a menor absorção do herbicida por *D. nuda* pode estar relacionada com a tolerância diferenciada apresentada pela mesma (SOUZA, 2011).

O aspecto da metabolização do herbicida diuron a moléculas menos fitotóxicas também foram alvos de estudos objetivando explicar a tolerância de *D. nuda*. De forma geral foi constatado que tal espécie quando desafiada a aplicação do herbicida apresenta maior expressão do gene CYP81A6, responsável pela codificação da enzima citocromo P450 monooxigenase (SOUZA, 2011). Tal enzima atua causando modificações não sintéticas, reduzindo a fitotoxicidade da molécula do herbicida e fornecendo sítios de ligações para conjugação de glicose, aminoácidos ou glutatonas (SIMINSZKY, 2006).

Apesar da população oriunda de área orgânica não ter tolerando ao herbicida diuron em doses acima da comercial, não é possível inferir que a as demais populações desse estudo e nem dos estudos anteriores realizados com populações de São Paulo (DIAS et al., 2005; SOUZA et al., 2013) possuem resistência ao herbicida. Para que uma espécie seja considerada resistente a uma herbicida é necessário que se realize curva de dose-resposta contendo um biótipo da espécie nitidamente resistente e outro suscetível. Para que as populações de áreas

convencionais fossem consideradas resistente seria necessário que o experimento também fosse realizado a campo já que o fator de resistência foi inferior a 10 (GAZZIERO et al., 2009).

3.5 Conclusões

As populações estudadas foram sensíveis aos herbicidas imazapic, amicarbazone e ametryne.

As populações demonstraram possuir suscetibilidade diferenciada aos herbicidas diuron, tebuthiuron e hexazinone.

Os indivíduos da espécie *D. nuda* avaliados são sensíveis a aplicação de herbicidas inibidores de fotossistema II.

As populações de *D. nuda* possuem uma suscetibilidade diferenciada, sendo as populações mais tolerantes as oriundas de cultivos convencionais de cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. A. **Competição entre cana-de-açúcar e plantas daninhas na fase inicial de crescimento vegetativo**. 2012. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL, 2012.
- CANTO-DOROW, T.S. **O gênero *Digitaria* Haller (Poaceae -Panicoideae - Poniceae) no Brasil**. 2001. 386 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001.
- CARVALHO, S.J.P. et al. Curvas de dose-resposta para avaliação do Controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 535-542, 2005.
- _____; et al. Suscetibilidade diferencial de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* aos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 541-548, 2006.
- DIAS, A. C. R. et al. Problemática da ocorrência de diferentes espécies de capim-colchão (*Digitaria* spp.) na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, p.489-499, 2007.
- _____; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. **Capim-colchão: identificação e manejo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 2009. 60 p.
- DIAS, N.M.P. et al. Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies suscetível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria* spp.). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.21, n.2, p.293-300, 2003.
- _____. et al. Population dynamics of *Digitaria* spp. submitted to selection pressure by herbicides in sugarcane crop. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 40, n. 1, p. 21-28, 2005b.
- _____; CHRISTOFFOLETI, P.J.; TORNISIELO, V.L. Identificação taxonômica de espécies de capim-colchão infestantes da cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo e eficácia de herbicidas no controle de *Digitaria nuda*. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 64, n. 3, p. 389-396, 2005a.
- DUARTE, JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C.; FREITAS, S. P. Dinâmica de populações de plantas daninhas na cana-de-açúcar em sistema de plantio direto e convencional. **Semina: Ci. Agr.**, Londrina, PR, v. 30, n. 3, p. 595-612, 2009.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ, 1997, 212p.
- GAZZIERO, D. L. P. et al. Critérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas. In: GAZZIERO, D. L. P.; GALLI, A. J. B.;

KARAM, D. (Eds.). Sete Lagoas: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas; Campinas, SP: **Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas aos Herbicidas no Brasil**, 2008. 22 p.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas a herbicida**. São Paulo: BASF, 1996, 33 p.

_____. **Plantas infestantes e nocivas – tomo I: Plantas inferiores e monocotiledôneas**. São Bernardo do Campo: Editora BASF, 1997. 824 P.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: Plantio direto e convencional**; Instituto Plantarum: Novava Odessa, SP, 2000; 339p.

MACIEL, C.G.; CONSTANTIN, J.; GOTO, R. Seletividade e eficiência agrônômica de herbicidas no controle de capim-colchão na cultura da melancia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, BR, v. 20, n. 3, p. 474-476, 2002.

OLIVEIRA NETO, A. M. de et al. Modalidades de aplicação e associações de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho em espaçamento convencional e reduzido. **Semina: Ciência Agrária**, Londrina, PR, v.32, n.1, p.81-92, 2011.

SEEFELDT, S.S.; JENSEN, J.E.; FUERST, E.P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technology**, Lawrence, v. 9, n. 2, p. 218-227, 1995.

SIMINSZKY, B. Plant cytochrome P450-mediated herbicide metabolism. **Phytochemistry Review**, Leiden, v. 5, p. 445–458, 2006.

SOUZA, R.C. et al. Differential tolerance of two species of the genus *Digitaria* to herbicide recommended for sugarcane crop. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, AL, v. 1, p. 13-20, 2013.

_____. **Características fisiológicas da tolerância de *Digitaria nuda* a herbicidas aplicados na cultura da cana-de-açúcar**. 2011. 63f. Tese (Doutorado em ciências) - Universidade São Paulo, Piracicaba, SP, 2011

STREIBIG, J.C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, v.28, n.3, p.479–484, 1988.

VEGA, A. S.; Z. E. RÚGOLO DE AGRASAR. Taxonomic novelties and synopsis of the genus *Digitaria* (Poaceae, Panicoideae, Paniceae) in Central America. **Darwiniana**, v.45, n. 1, p. 92-119, 2007.

VIEIRA, V. C. et al. Molecular characterization of accessions of crabgrass (*Digitaria nuda*) and response to ametryn. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v.32, n.2, p.255-261, 2010.

4 HABILIDADE COMPETITIVA DE ESPÉCIES DE CAPIM-COLCHÃO ORIUNDAS DE ÁREAS DE CANAVIAIS DE ALAGOAS

RESUMO

A habilidade competitiva das plantas daninhas é importante para entender a predominância das espécies em agroecossistema. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a habilidade competitiva entre as espécies *Digitaria nuda* (Dn), *D. ciliaris* (Dc), *D. bicornis* (Db) e *D. horizontalis* (Dh). A habilidade competitiva das espécies de capim-colchão foi determinada em plantio consorciado com duas espécies com variação da proporção dos indivíduos. Os arranjos utilizados foram Dn X Dc, Dn X Db, Dn X Dh, Dh X Db, Dh X Dc e Db X Dc avaliados em série substitutiva, inteiramente casualizado, com cinco repetições. As proporções aplicadas foram de 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100% tendo 4 plantas por parcela. As variáveis analisadas foram massa seca da parte aérea e número de filhotes. Para a análise da competitividade foi utilizado o método da análise gráfica da produtividade relativa e interpretações dos índices de competitividade. Não ocorre competição entre as espécies Dn X Dc, Dn X Db, Dn X Dh, Dh X Db, Dh X Dc, tendo as mesmas competitividades equivalentes. A espécie *D. bicornis* foi mais competitiva que *D. ciliaris*, produzindo mais matéria seca quando em presença de plantas de *D. ciliaris*. Para as espécies *D. nuda* e *D. horizontalis* a competição intraespecífica foi mais importante que a competição com plantas de outras espécies. Sobre condição onde ocorre disponibilidade de água em 100% da capacidade de campo a espécie Dn apresenta maior potencial de desenvolvimento. Quanto a ausência ou presença de deficiência nutricional as plantas tiveram desenvolvimento da parte aérea semelhante. Em condições onde não ocorre a deficiência nutricional a espécie Dh demonstrou maior capacidade de desenvolvimento de suas raízes.

Palavras-chaves: *Digitaria* spp, interferência e série substitutiva.

COMPETITIVE ABILITY OF CRABGRASS SPECIES DERIVED FROM THE SUGARCANE FIELDS OF ALAGOAS

ABSTRACT

The competitive ability of weeds is important to understand the predominance of the species in agroecosystems. This study had as objective to evaluate the competitive ability among *Digitaria nuda* (Dn), *D. ciliary* (Dc), *D. bicornis* (Db) and *D. horizontalis* (Dh) species. The competitive ability of crabgrass species was determined in intercropping with two species with variation in the proportion of the individuals. The arrangements used were Dn X Dc, Dn X Db, Dn X Dh, Dh X Db, Dh X Dc and Db X Dc evaluated in replaceable series, completely randomized, with five replications. The applied proportions were 100: 0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0: 100% with 4 plants per plot. The analyzed variables were dry mass from the aerial part and number of tillers. The graphical analysis method of the relative productivity and interpretations of the competitiveness indices was used for the competitiveness analysis. There is no competition between the Dn X Dc, Dn X Db, Dn X Dh, Dh X Db, and Dh X Dc species, having the same/equivalent competitiveness. The *D. bicornis* specie was more competitive than *D. ciliaris* specie, producing more dry matter when in the presence of *D. ciliaris* plants. For *D. nuda* and *D. horizontalis* species, intraspecific competition was more important than competition with plants from other species. The Dn specie has the highest developing potential in condition where there is availability of water in 100% of field capacity. As to the absence or presence of nutritional deficiency, the plants had similar development of the aerial parts. The Dh species showed the highest capacity to develop their roots in conditions where there is a nutritional deficiency.

Keywords: *Digitaria* spp, Interference and Replacement Series.

4.1 Introdução

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, produzindo aproximadamente 635 milhões toneladas em 2014 (CONAB, 2015). Essa produtividade é extremamente afetada pela competição com plantas daninhas, trazendo grandes prejuízos aos agricultores (KUVA et al., 2001; KUVA et al., 2003, MEIRELLES et al., 2009). O complexo capim-colchão, de distribuição cosmopolita (KISSMANN, 1997), tem sido apontado como um dos principais problemas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar no país (DIAS et al., 2005, SOUZA et al. 2013).

As plantas competem quando os recursos essenciais para o seu desenvolvimento são insuficientes para atender a demanda necessária das mesmas. A competição pode ser dada dentro da espécie ou mesmo entre as espécies que compartilham o mesmo nicho ecológico (RIGOLI et al., 2008). Portanto a sobrevivência da espécie depende também das proporções entre as espécies (PASSINI, 2001).

Para evitar as perdas provocadas pelas espécies de capim colchão devem-se adotar medidas eficientes de manejo. As medidas de manejo devem ser feitas da forma mais racional possível, integrando medidas culturais, mecânicas e químicas (OLIVEIRA JR; CONSTANTIN, 2001), sendo esta última a que resulta em melhores índices de controle, tornando o método químico de maior utilização entre os produtores de cana de açúcar (PROCÓPIO et al., 2004).

A prática do controle químico de plantas invasoras de canaviais é uma prática bastante utilizada e difundida em todo o país. A eficácia de um herbicida depende de diversos fatores como as características físico-químicas e dose do produto, a espécie a ser controlada, o estágio de desenvolvimento e a biologia da planta daninha, o estágio de desenvolvimento da cultura, as técnicas de aplicação, os fatores ambientais no momento e após a aplicação dos herbicidas, além das características físico-químicas do solo para os herbicidas aplicados em pré-emergência (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2005).

O predomínio de espécies do gênero *Digitarias* em canaviais do Brasil tem sido apontada como um fator inerente das espécies. Em áreas submetidas a forte pressão de seleção por herbicidas inibidores de fotossistema II, comumente são encontradas

plantas da espécie de *D. nuda*, apontada como tolerantes a esses herbicidas (DIAS et al., 2005; SOUZA et al., 2013). No entanto em áreas de cultivo orgânico, onde não ocorre a pressão de seleção por esses herbicidas, Dias et al., (2005) encontraram predomínio da espécie *D. ciliaris*. Essa predominância pode estar relacionada a existência de habilidade competitiva diferencia entre as espécies do gênero.

O uso contínuo e repetitivo de herbicidas induz a um fator de seleção específica na espécie *Digitaria ciliaris*, dominante nas áreas de cana-de-açúcar, de alta suscetibilidade às uréias substituídas, foi sendo substituída pela *Digitaria nuda*, de maior tolerância a estes herbicidas (DIAS et al., 2005). Evidencia-se, assim, que as populações que foram selecionadas por estes herbicidas são constituídas por diferentes espécies de capim-colchão e talvez até mutantes, que apresentam níveis maiores de tolerância.

A possibilidade de uma espécie ou biótipo apresentar maior capacidade competitiva está relacionado a sua habilidade intrínseca, como também a pressão sofrida a partir de fatores externos, que proporcionam um melhor desempenho de uma em relação a outra. Essa pressão de seleção pode também ocasionar perda na capacidade competitiva de uma espécie ou biótipo, por alterar geneticamente a sua competência adaptativa (FERREIRA et al., 2008; VIVIAN et al., 2013). Contudo biótipos resistentes e suscetíveis de uma espécie, podem apresentar comportamento semelhante, tendo sua habilidade competitiva inalteradas.

Esse evento foi estudado por Concenço et al. (2008), onde o mesmo ao analisar a competitividade de biótipos de capim-arroz resistente e suscetível a quinclorac, observaram que os variantes da espécie são similares quando sob alta intensidade de competição, com pouca vantagem do biótipo suscetível sob baixa ou moderada intensidade. Outro evento que pode ser apresentado foi estudado por Magro et al. (2011), onde os autores não encontraram diferença na habilidade competitiva entre biótipos de *Cyperus diformis* resistente e suscetível a herbicidas inibidores da enzima acetolactatosintase (ALS).

Quando espécies competem em proporções diferenciadas, como pode ser verificado entre cultivos agrícolas e plantas daninhas, poderá haver vantagem de uma em detrimento da outra (AGOSTINETTO et al., 2008; GALON et al., 2014). Para se avaliar o potencial de competição entre espécies e biótipos pode se utilizar

substituição em série. Esse método consiste na substituição em proporções crescentes de uma espécie ou população em detrimento da outra, levando em consideração a redução do potencial produtivo em relação à massa vegetal total (PASSINI, 2001; BIANCHI et al., 2006).

Sabendo qual espécie ou biótipo é mais competitivo dá para prever qual das populações será mais importante em determinada forma de manejo. Esses estudos subsidiam a criação de manejos de biótipos tolerantes e resistentes, já que na maioria das vezes os mesmo comportam-se com capacidade competitiva inferior a culturas e até mesmo a outras espécies do mesmo gênero, sendo suprimidos na ausência de pressão de seleção (FEREIRA et al., 2008).

Objetivou-se, com esse o presente trabalho, quantificar a habilidade competitiva entre as espécies de capim-colchão mais frequentes encontradas em canaviais, utilizando o método de série substitutiva.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Competitividade de espécies de capim-colchão

Foram conduzidos 6 experimentos em casa-de-vegetação no período de setembro a novembro de 2014. As unidades experimentais utilizadas foram vasos plásticos contendo volume de 1 dm³, preenchidos com solo, obtido a partir de horizonte agricultável, em área de cana-de-açúcar, no município de Rio Largo/AL, com características físico-químicas conforme tabela 8.

Tabela 8 – Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento de competitividade de espécies de capim-colchão.

Composição granulométrica (%)			pH (H ₂ O)	M.O(%)	P (mg.dm ⁻¹)	V (%)
Areia	Silte	Argila	5,6	3,65	37	43,1
54,8	26,8	18,4				
Classe textura: Franco-arenoso						
Cátions Trocáveis (mmol.c.dm ⁻³)						
K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	H+Al	CTC	
180	2,9	1,5	5	6,6	5,1	

Fonte: Autor (2015).

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, contendo cinco repetições. Foi avaliada a habilidade competitiva das espécies *Digitaria nuda*, *D. ciliares*, *D. bicornis* e *D. horizontalis*, os quais competiram entre si em séries substitutivas, originando seis experimentos.

As espécies utilizadas foram obtidas em áreas de canaviais do estado de Alagoas entre os anos de 2012 e 2014. As espécies *Digitaria nuda*, *D. ciliares* foram obtidas na fazenda Pau Amarelo, Rio Largo-AL (Usina Santa Clotilde). As espécies *Digitaria bicornis*, *D. horizontalis* foram coletadas na fazenda Santa Rosa II, Barra de Santo Antônio-AL (Usina Santo Antônio).

Cada parcela experimental foi composta de um total de quatro plantas. As plantas foram distribuídas de forma equidistantes. Para estabelecimento da equidistância, os vasos foram divididos em quadrantes, ficando uma planta em cada. Para garantia de uniformidade das plântulas, as espécies foram semeadas em bandejas plásticas contendo substrato da marca comercial bioplant®, desinfestado em autoclave a temperatura de 120 °C, em pressão de 1 atm, por uma hora. Após a germinação, aos 14 dias da semeadura, as plântulas foram selecionadas tomando-se como padrão três folhas, sendo em seguida transplantadas. Cada planta foi identificada por marcação com fitas coloridas, uma cor referente a cada espécie. Os tratamentos foram estabelecidos pelo estande puro de uma espécie, que de forma progressiva foram substituídas por plantas da outra espécie até obtenção do estande puro da segunda espécie. Em cada série substitutiva as plantas das espécies

comparadas foram dispostas nas proporções de 4:0 (100:0), 3:1 (75:25), 2:2 (50:50), 1:3 (25:75) e 0:4 (0:100).

Cinquenta dias após o transplante avaliou-se as variáveis: número de afilhos (NA) e matéria seca da parte aérea (MSPA). O NA foi determinado pela contagem dos mesmos nas plantas de cada proporção em cada vaso. Para se obter a MSPA, as plantas foram cortadas rente ao solo e secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65° C, até estabilidade da massa.

Para analisar as variáveis obtidas utilizou-se o método da análise gráfica da produtividade relativa (ROUSH et al., 1989, COUSENS, 1991, BIANCHI et al., 2006). Método amplamente utilizado para avaliar a habilidade competitivas interespecífica e intraespecífica (LÓPEZ OVEJERO et al., 2007; AGOSTINETTO, et al., 2009; MORAES et al., 2009; YAMAUTI et al., 2011; SILVA et al., 2014). Esse método tem como base a construção de diagramas utilizando a produtividade relativa (PR) e a produtividade relativa total (PRT). Para calcular as produtividades fez-se uso, para produtividade relativa, da fórmula: $PR = \text{média da mistura} / \text{média da espécie em monocultivo}$. Para PRT utiliza-se a soma da PR de uma espécie com a da sua competidora em suas respectivas proporções (BIANCHI et al., 2006).

Para interpretação dos resultados utilizou-se a comparação das produtividades relativas obtidas e esperadas, caracterizadas por uma reta ligando os pontos onde consta 0 plantas e o estande puro da espécie. Quando a PR resulta em linha reta, significa que a habilidade de competir entre as espécies são equivalentes. Se a PR originar uma linha côncava, indica que existência de prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Caso a projeção da PR propicie linha convexa, ocorre um favorecimento de uma ou de ambas as espécies. Por meio da análise da curva originada pela PRT é possível definir três relações de competitividade. Para PRT igual a 1, ocorre competição pelos mesmos recursos do nicho ecológico. Valores da PRT superiores a 1 indica que a competição é evitada, os recursos existentes no meio superam a demanda. Nessa condição as espécies podem também possuir demandas de recursos diferentes. Situações em que os valores de PRT são inferiores a um, há prejuízo muito para ambas espécies (COUSENS, 1991; PASSINI, 2001).

A habilidade competitiva entre as espécies também foi avaliada por índices que foram calculados utilizando a proporção 50:50 de cada espécie competidora. Para

obtenção da competitividade relativa (CR), coeficiente de agrupamento relativo (K) e agressividade (A), utilizou-se as seguintes fórmulas: $CR = PR_{\text{ESPÉCIE 1}} / PR_{\text{ESPÉCIE 2}}$; $K_{\text{ESPÉCIE 1}} = PR_{\text{ESPÉCIE 1}} / (1 - PR_{\text{ESPÉCIE 1}})$; $K_{\text{ESPÉCIE 2}} = PR_{\text{ESPÉCIE 2}} / (1 - PR_{\text{ESPÉCIE 2}})$; $A = PR_{\text{ESPÉCIE 1}} - PR_{\text{ESPÉCIE 2}}$ (COUSENS; O'NEILL, 1993). A interpretação dos índices foi realizada de forma conjunta onde: $CR_{\text{ESPÉCIE 1}} > 1$, $K_{\text{ESPÉCIE 1}} > K_{\text{ESPÉCIE 2}}$ e $A > 0$, espécie 1 mais competitiva que espécie 2; $CR_{\text{ESPÉCIE 1}} < 1$, $K_{\text{ESPÉCIE 1}} < K_{\text{ESPÉCIE 2}}$ e $A < 0$, espécie 2 mais competitiva que espécie 1 (HOFFMAN; BUHLER, 2002).

A análise estatística da produtividade ou variação relativa foi obtida pela diferença entre os valores PR obtidos das proporções 25, 50 e 75%, e os pertencentes a reta hipotética nas referentes proporções (BIANCHI et al., 2006). Os índices e as diferenças produtividade relativas foram submetidos ao teste “t” ($p \leq 0,05$). Foi levado em consideração para obtenção da hipótese nula que a diferença entre DPR e A, média igual a zero; PRT e CR, diferença igual a 1; e k, quando a média das diferenças entre $K_{\text{ESPÉCIE 1}}$ e $K_{\text{ESPÉCIE 2}}$ igual a zero. Para considerar as curvas PR e PRT diferentes das curvas hipotéticas, observou-se que no mínimo duas proporções devem diferir significativamente pelo teste t (BIANCHI et al., 2006). Para os índices CR, K e A, seguiu-se o critério empregado anteriormente para PR e PRT.

4.2.2 Desenvolvimento de espécies de capim colchão sobre estresse hídrico

4.2.2.1 Local do experimento e obtenção das sementes

O experimento foi realizado entre os meses de outubro e novembro de 2014, na Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), em casa de vegetação, com temperatura variando entre $29,7 \pm 4,30^\circ\text{C}$ e $70 \pm 15\%$ UR. Previamente, 15 dias antes da instalação do experimento foram semeadas sementes das espécies *Digitaria nuda*, *D. ciliares*, *D. horizontalis* e *D. bicornis*, oriundas de lotes de cultivo de cana-de-açúcar da Usina Santa Clotilde, município de Rio Largo/AL. As sementes foram coletadas conforme metodologia adaptada de Dias, et al. 2009, no período de novembro a março de 2014.

4.2.2.2 Obtenção das plântulas e implantação do experimento

Para o semeio foram utilizadas sementes oriundas de 10 panículas. Os propágulos foram semeados em bandejas plásticas, com dimensões de 20 X 20 cm, contendo substrato comercial da marca bioplantes, submetido a desinfestação por esterilização em autoclave, por um período de duas horas a temperatura de 121 °C, a 1 atm de pressão.

O experimento foi implantado em vasos de polietilenos contendo solo destorroado, peneirado, seco ao ar, sobre filme plástico, abrigado em casa de vegetação por 20 dias. O solo utilizada foi o mesmo utilizado no experimento anterior contendo as características físicas-químicas conforme tabela 5.

4.2.2.3 Determinação da capacidade de campo

Foram pesados em balança analítica de precisão 10 vasos contendo 1 kg de solo cada. Os vasos foram saturado por meio de irrigação constante até que os mesmo apresentaram-se saturados. Os vasos foram fechados com tampas plásticas para impedir que a água evaporasse. A drenagem do excesso de água ocorreu por meio de orifícios na base inferior dos vasos. Foi verificado a cada seis horas a ocorrência do fim da drenagem, que teve seu fim em aproximadamente 48 h após a saturação. Após drenagem os vasos tiveram sua massa averiguada em balança analítica de precisão de 0,005 g. A capacidade de campo foi obtida pela diferença entre a massa iniciação, vasos com solo seco, e a massa final, vasos com solo úmido. Foi considerado que o solo possuía 100 % CC quando o mesmo continha quantidade igual a média das diferenças entre solo seco e úmido. Para determinar a redução de 50% CC dividiu-se a quantidade de água necessária para a obtenção de 100% por 2 (SOUZA et al., 2000).

4.2.2.4 Delineamento experimental, obtenção da variáveis e análise dos dados

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial de 4 X 2, contendo quatro espécies, submetidas a duas condições de irrigação, com 100% CC e 50% CC, com 5 repetições para cada tratamento. Cada parcela foi composta por quatro plantas, distribuídas de forma equidistante.

As avaliações foram realizadas aos 50 dias após o transplântio. Avaliou-se a matéria seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSR). Para avaliação da MSPA a biomassa fresca foi cortada rente ao solo e colocada em sacos de papel, devidamente identificados. A MSR foi obtida a partir da lavagem das raízes em águas corrente para retirada de solo. Após as raízes terem sido colocadas em sacos de papel as mesmas, junto a parte aérea foram colocadas em estufa de circulação de ar forçada, a temperatura de 65° C até obtenção de massa constante.

Os dados obtidos foram comparados pelo teste F, ao nível de probabilidade de 5% de erro. Tendo o teste F mostrado significância, aplicou-se o teste de Tukey ao mesmo nível de significância utilizado no teste anterior.

4.2.3 Desenvolvimento de espécies de capim colchão sobre estresse nutricional

4.2.3.1 Local do experimento e obtenção das sementes

Foram utilizadas as mesmas condições de condução, temperatura e umidade do experimento 3.2.3, bem como as mesmas populações das espécies.

Obtenção da plântulas e implantação do experimento

As plântulas utilizadas no transplântio, foram produzidas utilizando a metodologia descrita para o experimento 3.2.3.

O experimento foi implantado em vasos de polietilenos contendo solo destorroado, peneirado, seco ao ar, sobre filme plástico, abrigado em casa de vegetação por 20 dias. Foi utilizado solo de horizonte não agricultável, de uma profundidade aproximada de 6 m. Optou-se pela escolha de uma solo pobre em nutrientes, para simular situação de ocorrência de déficit nutricional (TABELA 9). Para simular a condição de ausência de déficit nutricional o solo foi corrigido conforme a

recomendação da análise de solo para a cultura da cana-de-açúcar, com aplicação de 80 kg/ha de N, 180 kg/ha de P₂O₅ e 90 de K₂O.

Tabela 9 – Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento de desenvolvimento de capim colchão sobre estresse nutricional.

Composição granulométrica (%)			pH(H ₂ O)	M.O(%)	P (mg.dm ⁻¹)	V(%)
Areia	Silte	Argila	5,8	0,30	3	50,9
74	15,6	10,3				
Classe textura: Franco-arenoso						
Cátions Trocáveis (mmol _c .dm ⁻³)						
K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	H+Al	CTC	
63	1,4	0,5	2,17	2,1	4,27	

Fonte: Autor (2015).

4.2.3.2 Delineamento experimental, obtenção da variáveis e análise dos dados

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial de 4 X 2, contendo quatro espécies, submetidas a duas condições de disponibilidade de nutrientes, com adubação e sem adubação, com 5 repetições para cada tratamento. Cada parcela foi composta por quatro plantas, distribuídas de forma equidistante.

As avaliações foram realizadas aos 52 dias após o transplântio. Avaliou-se a matéria seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSR). Para avaliação da MSPA a biomassa fresca foi cortada rente ao solo e colocada em sacos de papel, devidamente identificados. A MSR foi obtida a partir da lavagem das raízes em águas corrente para retirada de solo. Após as raízes terem sido colocadas em sacos de papel as mesmas, junto a parte aérea forma colocadas em estufa de circulação de ar forçada, a temperatura de 65° C até obtenção de massa constante.

Os dados obtidos foram comparados pelo teste F, ao nível de probabilidade de 5% de erro. Tendo o teste F mostrado significância, aplicou-se o teste de Tukey ao mesmo nível de significância utilizado no teste anterior.

4.3 Resultados

4.3.1 Competitividade de espécies de capim-colchão

A interpretação da habilidade competitiva entre as espécies de capim-colchão foi realizada pelo método da análise gráfica da produtividade relativa de biomassa (FIGURAS 5 a 16), levando em consideração as diferenças relativas (TABELA 10). Com esses dados foi possível verificar as diferenças existentes pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Na comparação entre as espécies *D. nuda* e *D. bicornis* não foi constatada diferença significativa pelo teste aplicado para as produtividades relativas e para produtividade relativa total para a variável MSPA, as espécies apresentaram habilidade competitiva similar. Em relação ao NA, a *D. nuda* apresentou comportamento semelhante ao esperada, o mesmo foi observado para a variável MSPA. Contudo a *D. bicornis* apresentou produtividade relativa superior à esperada na proporção 50:50, com resultado acima da reta hipotética. Para as proporções 25:50 e 75:25 a espécie obteve produção equivalente, não diferindo significativamente (TABELA 10).

Tabela 10 - Diferenças relativas de produtividade para massa seca da parte e produtividade relativa total nas proporções 75:25, 50:50, 25:75, da associação competitiva entre as espécies *D. nuda*, *D. bicornis*, *D. ciliaris*, *D. horizontalis*.

MASSA SECA DA PARTE AÉREA			
	Proporções de plantas competidoras		
	75:25¹	50:50	25:75
<i>D. nuda</i>	-0,01 ns	0,34 ns	0,03 ns
<i>D. bicornis</i>	0,03 ns	0,09 ns	-0,05 ns
PRT	-0,06 ns	0,43 ns	0,06 ns
<i>D. nuda</i>	-0,22 ns	-0,01 ns	0,00 ns
<i>D. ciliaris</i>	0,10 ns	0,27 ns	0,03 ns
PRT	-0,19 ns	0,26 ns	0,10 ns
<i>D. nuda</i>	0,09 ns	0,36 ns	-0,02 *
<i>D. horizontalis</i>	-0,01 ns	-0,04 *	-0,06 ns
PRT	-0,08 ns	0,32 ns	0,08 ns
<i>D. horizontalis</i>	-0,05 ns	0,14 ns	0,11 ns
<i>D. ciliaris</i>	-0,00 ns	0,05 ns	0,12 ns
PRT	0,11 ns	0,19 ns	0,06 ns
<i>D. horizontalis</i>	-0,04 ns	0,17 ns	0,05 ns
<i>D. bicornis</i>	0,03 ns	-0,06 ns	0,21 *
PRT	0,17 ns	0,10 ns	0,08 ns
<i>D. bicornis</i>	0,31 *	0,32 *	0,20 ns
<i>D. ciliaris</i>	0,06 *	-0,17 *	-0,08 *
PRT	0,11 *	0,15 *	0,38 *
NÚMERO DE AFILHOS			
	Proporções de plantas competidoras		
	75:25	50:50	25:75
<i>D. nuda</i>	-0,06 ns	-0,02 ns	0,00 ns
<i>D. bicornis</i>	-0,05 ns	0,07 *	-0,02 ns
PRT	-0,08 ns	0,05 ns	-0,04 ns
<i>D. nuda</i>	-0,22 *	-0,03 ns	-0,05 ns
<i>D. ciliaris</i>	0,00 ns	0,06 ns	0,08 *
PRT	-0,22 *	0,03 ns	0,03 ns
<i>D. nuda</i>	-0,07 ns	0,07 ns	0,03 ns
<i>D. horizontalis</i>	-0,13 ns	-0,03 ns	-0,05 ns
PRT	-0,12 ns	0,04 ns	-0,10 ns
<i>D. horizontalis</i>	-0,20 *	-0,06 ns	-0,00 ns
<i>D. ciliaris</i>	-0,01 ns	0,02 ns	0,06 ns
PRT	-0,14 *	-0,04 ns	-0,01 ns
<i>D. horizontalis</i>	-0,11 *	0,01 ns	-0,00 ns
<i>D. bicornis</i>	-0,01 ns	0,03 ns	0,05 ns
PRT	-0,06 ns	0,04 ns	-0,01 ns
<i>D. bicornis</i>	0,09 *	0,03 *	0,11 *
<i>D. ciliaris</i>	-0,11 ns	-0,01 ns	-0,03 *
PRT	0,06 *	0,02 *	-0,00 ns

Fonte: Autor (2015).

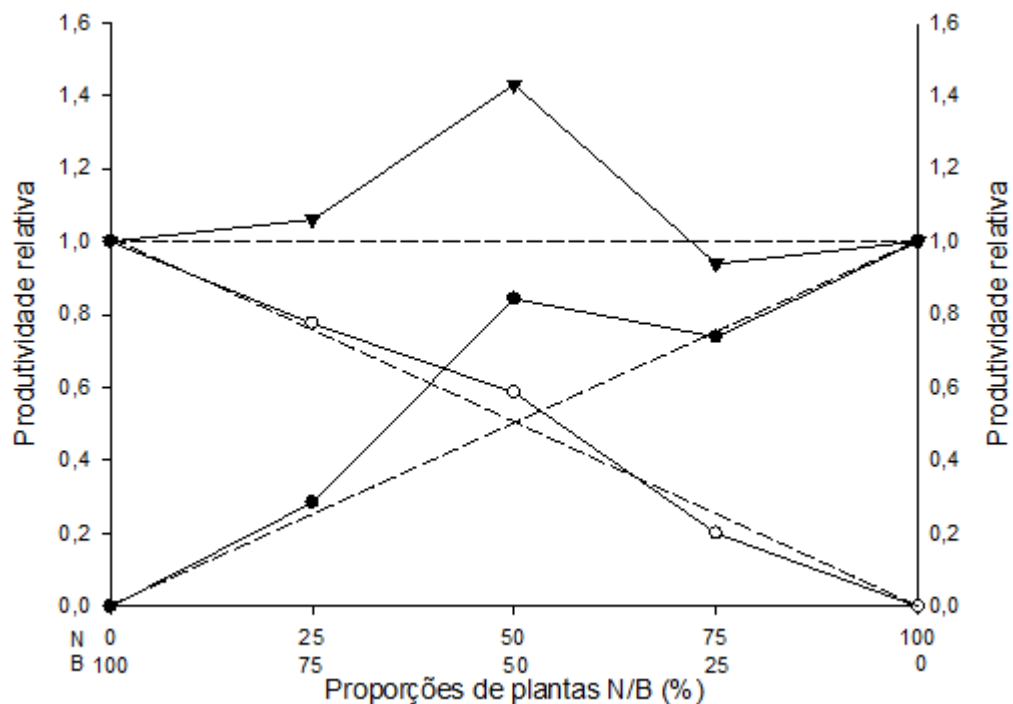
¹ – Proporções das espécies competidoras; ns – não significativo pelo teste t ao nível de probabilidade de 5%; * significativo pelo teste t ao nível de probabilidade de 5%.

A similaridade entre as PR's da espécies nos permite inferir que a habilidade competitiva das espécies é equivalente, existe uma contribuição de cada espécie para

produção total, em que o incremento é diretamente proporcional ao seu aumento na mistura. A produtividade relativa total (PRT) permaneceu próximo a um, o que nos possibilita afirmar que as espécies competem de forma similar pelos mesmos recursos do meio.

A produção da MSPA as *D. nuda* na proporção de 50:50 foi maior, contribuindo para a elevação da produtividade total maior que a esperada para ambas as espécies (Figura 5). Foi possível também verifica que com o incremento de ambas as espécies na composição da proporção 75:25 (Dn X Db) ocorreu uma redução das PR's. Essa redução das produtividade na maior proporção indica que essas espécies possuem uma competição intraespecífica mais intensa, tendo a competição com indivíduos da mesma espécie mais prejudicial.

FIGURA 5. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies *D. nuda* e *D. bicornis*.



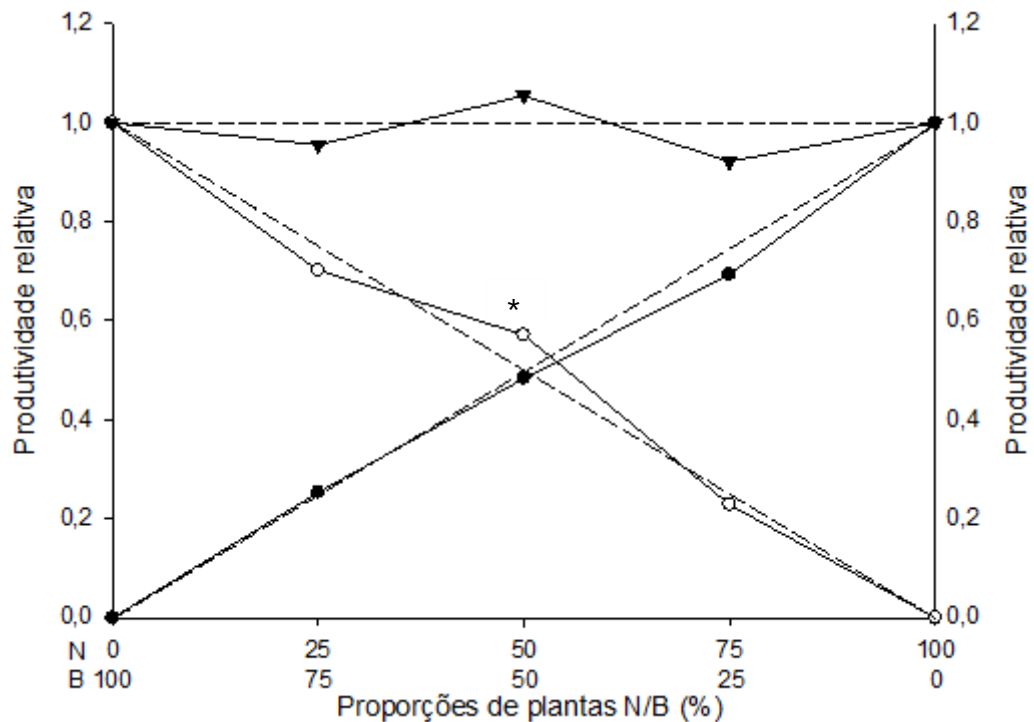
Fonte: Autor (2015).

● PR da espécie *D. nuda*, ○ PR de *D. bicornis* e ▼ PRT.

Para variável NA o aumento da produtividade relativa na proporção 50:50 só foi verificado na espécie *D. bicornis*, tal elevação foi apontada pelo teste utilizado,

indicando que o nessa proporção a espécie possui maior agressividade produzindo maior quantidade de afilhos. A PRT foram próximas a um com valores abaixo da reta nas proporções 25:75 e 75:25 (FIGURA 6).

FIGURA 6. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA) das espécies *D. nuda* e *D. bicornis*.



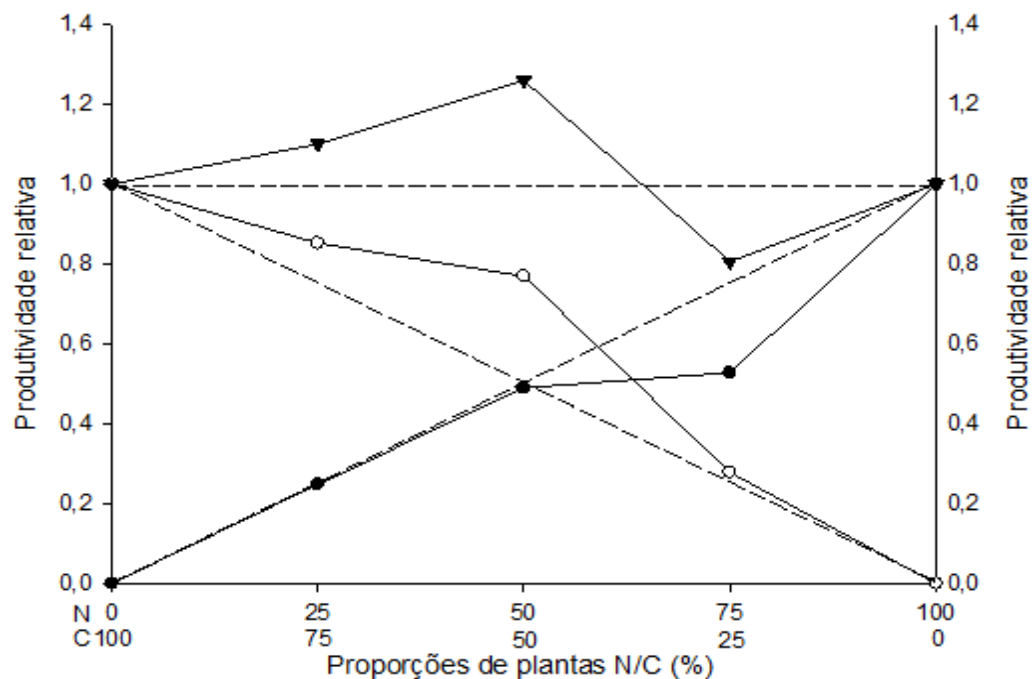
Fonte: Autor (2015).

* Difere estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade, ● PR da espécie *D. nuda*, ○ PR de *D. bicornis* e ▼ PRT.

Na habilidade competitiva entre as espécies *D. nuda* e *D. ciliaris*, para a variável MSPA, não foram constatadas diferenças significativas para as PR's das espécies e nem para PRT. Desta forma pode-se afirmar que a habilidade de competir destas espécies, para variável estudada, são equivalentes. A PRT não diferiu, com valores iguais a um, indicando que as espécies competem, de forma similar, pelos mesmos recursos. A expressão da interação entre as espécies para o NA foi significativa para proporção 75:25 nas duas espécies, sendo que a PR da espécie *D. nuda* foi inferior e a da espécie *D. ciliaris* foi superior a reta hipotética. O aumento na proporção por indivíduos da espécie *D. nuda* proporciona uma redução da produtividade relativa, fato que caracteriza maior competitividade intraespecífica (TABELA 10).

Pela análise gráfica da MSPA das espécies, as curvas demonstraram comportamento inverso entre as PR's. A espécie *D. ciliaris* apresenta valores de PR maiores e *D. nuda* menores que a reta hipotética. Esse comportamento caracteriza antagonismos entre ambas. Na proporção de 50:50 a espécie *D. ciliaris* apresentou maior valor na curva, contribuindo em maior quantidade para produção total. Para o número de afilhos as curvas comportaram-se de forma semelhante a MSPA, onde foi constatado um aumento da PR para *D. ciliaris* e uma redução de *D. nuda*. A PRT das variáveis foi superior a 1, nas proporções 25:75 e 50:50, não ocorrendo competição por os recursos superarem a demanda ou as espécies possuem demandas diferenciadas (RIGOLI, et al., 2008). Na proporção 25:75 foi constatado prejuízo para a MSPA da espécie *D. nuda* (FIGURA 7). Para o NA foi verificado comportamento semelhante ao observado na MSPA (FIGURA 8).

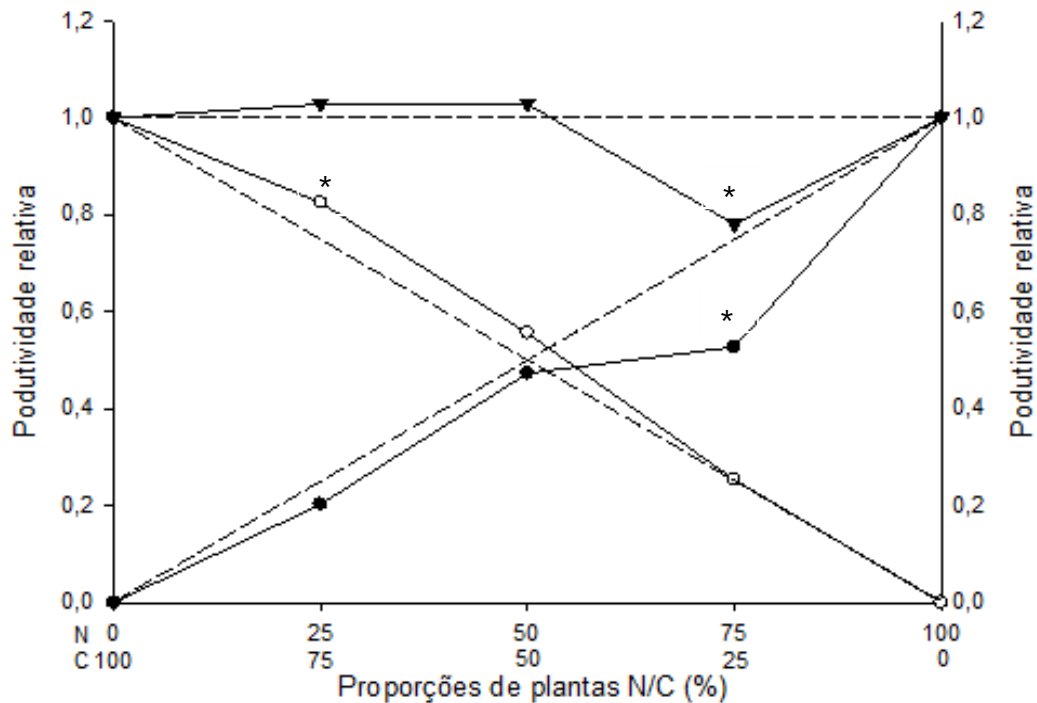
FIGURA 7. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies *D. nuda* e *D. ciliaris*.



Fonte: Autor (2015).

● PR da espécie *D. nuda*, ○ PR de *D. ciliaris* e ▼ PRT.

FIGURA 8. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA) das espécies *D. nuda* e *D. ciliaris*.



Fonte: Autor (2015).

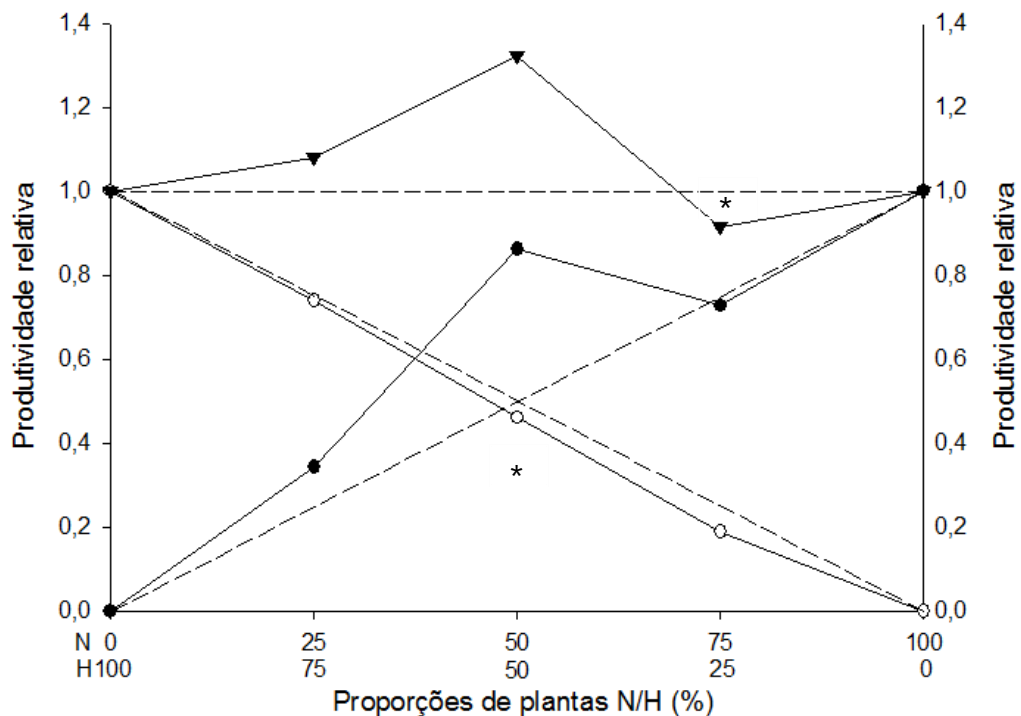
* Difere estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade, ● PR da espécie *D. nuda*, ○ PR de *D. ciliaris* e ▼ PRT.

A espécie *D. nuda* apresentou diferença significativa para MSPA na proporção 25:75, onde pode ser verificado uma PR abaixo da reta hipotética. As demais PR's referentes as proporções 50:50 e 75:25 obtiveram valores semelhantes a reta hipotética, não diferindo pelo teste "t". A espécie *D. horizontalis* apresentou valor da PR na proporção 50:50 abaixo da reta hipotética. As demais proporções não apresentam diferenças daquelas esperadas, demonstrando capacidade competitiva equivalente entre as espécies. A PRT foi igual a um, nessa condição pode-se afirmar que ocorreu competição pelos mesmos recursos do nicho ecológico, sem maior ou menor produção de biomassa. Os resultados expresso pela competição entre *D. nuda* e *D. horizontalis* para variável NA indicam que a habilidade competitiva de ambas são equivalentes. Cada espécie contribui para o total de afilhos, produzidos na proporção correspondente a sua participação na mistura (TABELA 10).

Para PR da MSPA o comportamento do gráfico foi semelhante nas duas espécies comparadas. Na *D. nuda* aos proporções iniciais tiveram PR's equivalentes

a reta hipotética, havendo uma redução da PR na proporção de 75:25. A espécie *D. horizontalis* apresentou incremento da PR nas proporções de 50:50 e 75:25, sendo equivalente na proporção de 25:75. A PRT foi superior a uma nas proporções 25:75 e 50:50, reduzindo para valor abaixo de um na proporção 75:25 (FIGURA 9). Para o número de afilhos foi observado semelhança com o comportamento apresentado pela MSPA (FIGURA 10).

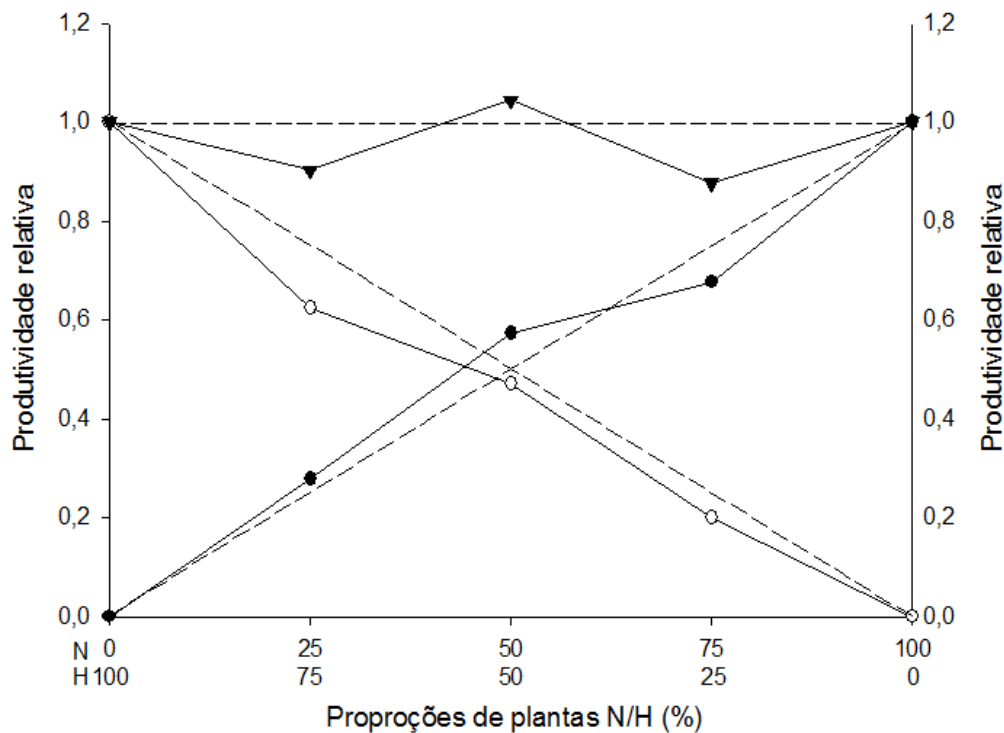
FIGURA 9. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies *D. nuda* e *D. horizontalis*.



Fonte: Autor (2015).

* Difere estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade, ● PR da espécie *D. nuda*, ○ PR de *D. horizontalis* e ▼ PRT.

FIGURA 10 Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA) das espécies *D. nuda* e *D. horizontalis*.



Fonte: Autor (2015).

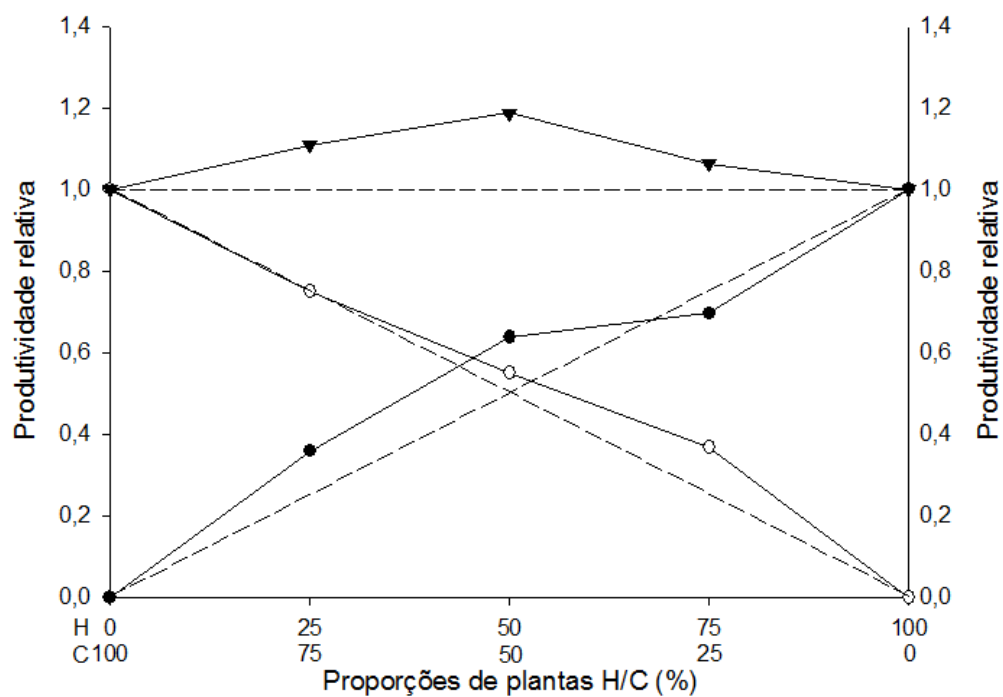
● PR da espécie *D. nuda*, ○ PR de *D. horizontalis* e ▼ PRT.

Com relação às diferenças da produtividade relativa para as espécies *D. horizontalis* e *D. ciliaris* não foi verificada alteração nas PR's e na PRT, não diferindo das retas hipotéticas geradas. Os resultados permitem afirmar que a habilidade competitiva das espécies são equivalentes. O NA da espécie *D. horizontalis* foi afetado pela diminuição na proporção da espécie competidora. Com isso pode-se inferir que a *D. horizontalis* compete em maior grau com indivíduos da mesma espécie (TABELA 10).

A PR de *D. horizontalis* em competição com *D. ciliaris* apresenta valores acima da reta hipotética nas proporções 25:75 e 50:50. O desempenho de *D. ciliaris* foi semelhante ao seu competidor, em que nas proporções iniciais verificou-se valores de PR acima da reta, já na proporção 75:25 observou-se uma produtividade da MSPA próxima da produtividade equivalente. A produtividade relativa total foi acima de 1,

nas três proporções estudadas indicando que não existe competição pelos mesmos recursos entre as espécies (FIGURA 11). Para a variável NA, foi constatado que nas espécies *D. horizontalis*, a elevação da proporção da referida espécie, reduz a PR, enquanto para *D. ciliaris* não ocorre alteração na sua posição em relação a reta (FIGURA 12).

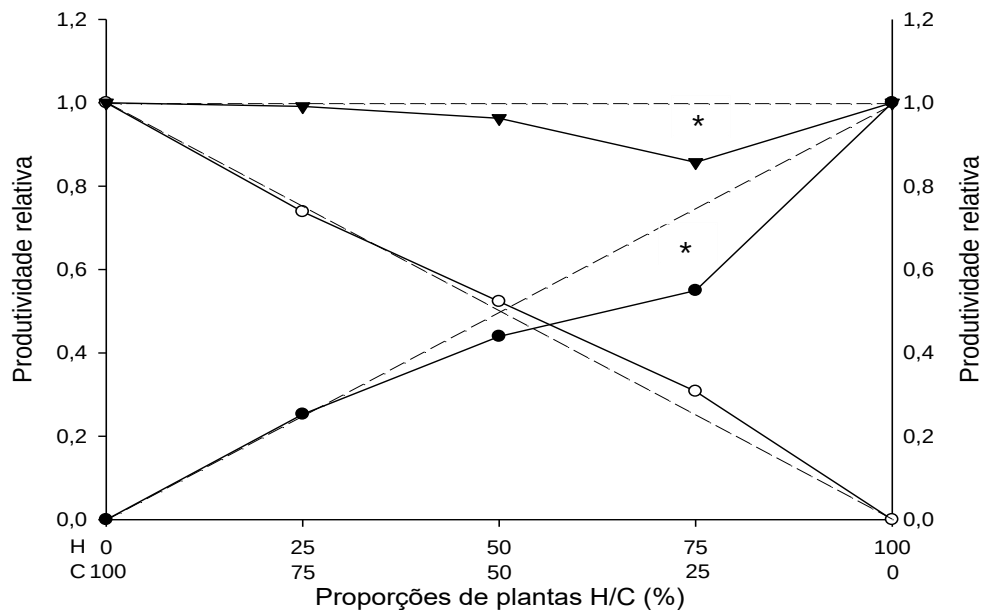
FIGURA 11. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies *D. horizontalis* e *D. ciliaris*.



Fonte: Autor (2015).

* Difere estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade, ● PR da espécie *D. horizontalis*, ○ PR de *D. ciliaris* e ▼ PRT.

FIGURA 12. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA) das espécies *D. horizontalis* e *D. ciliaris*.



Fonte: Autor (2015).

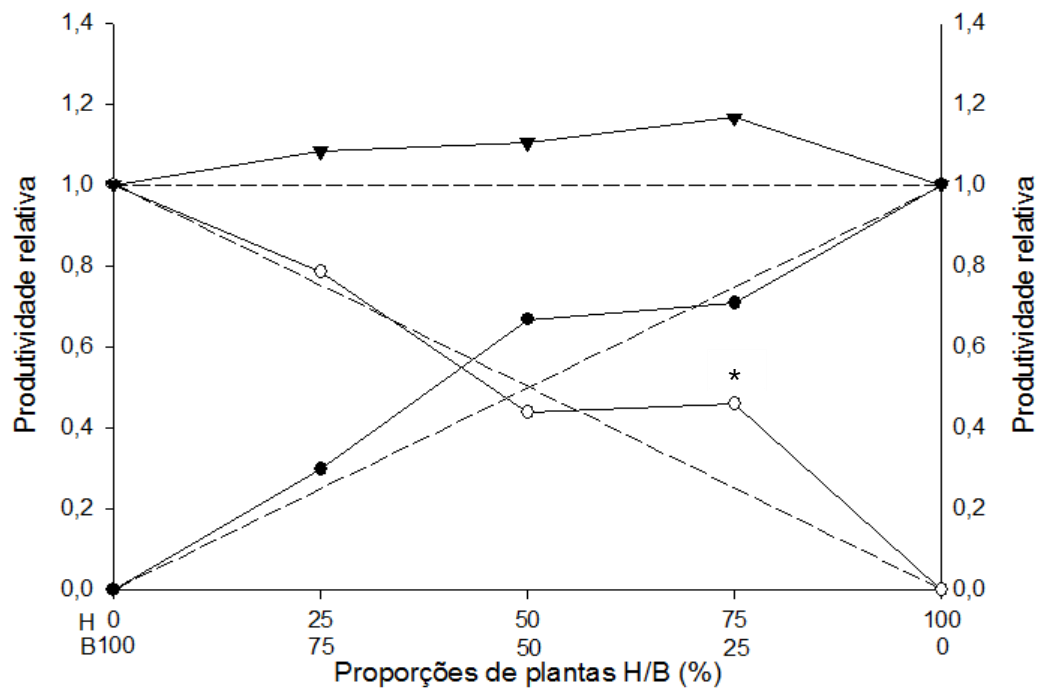
* Difere estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade, ● PR da espécie *D. horizontalis*, ○ PR de *D. ciliaris* e ▼ PRT.

A MSPA apresentou diferença apenas para PR da espécie *D. bicornis*, na proporção 25:75. As demais comparações apresentaram-se equivalentes em termos de competitividade. A PRT manteve-se próximo a um, indicando que ambas competem de forma similar pelos recursos do meio. As curvas geradas para o NA demonstram os mesmos resultados obtidos para MSPA, tendo apenas variação significativa na PR de *D. horizontalis* (TABELA 10).

Para a variável MSPA, da espécie *D. horizontalis* em competição com *D. bicornis*, observou-se a PR acima da reta de equivalência nas proporções 25:75 e 50:50, enquanto que *D. bicornis* demonstra comportamento inverso para as mesmas proporções. A PRT em todas as proporções possui valor acima de um, indicando que as plantas não competem entre si e conseguem conviver e produzir além da expectativa das espécies em monocultivo (FIGURA 13). O NA para espécie *D. ciliaris*

apresentou PR inicialmente maior que o esperado para 75:25 (Dh X Dc), estabilizado na proporções posteriores junto a reta de equivalência. Já *D. horizontalis* demonstrou uma redução da produção de afilhos quando a proporção de sua espécie foi maior (FIGURA 14).

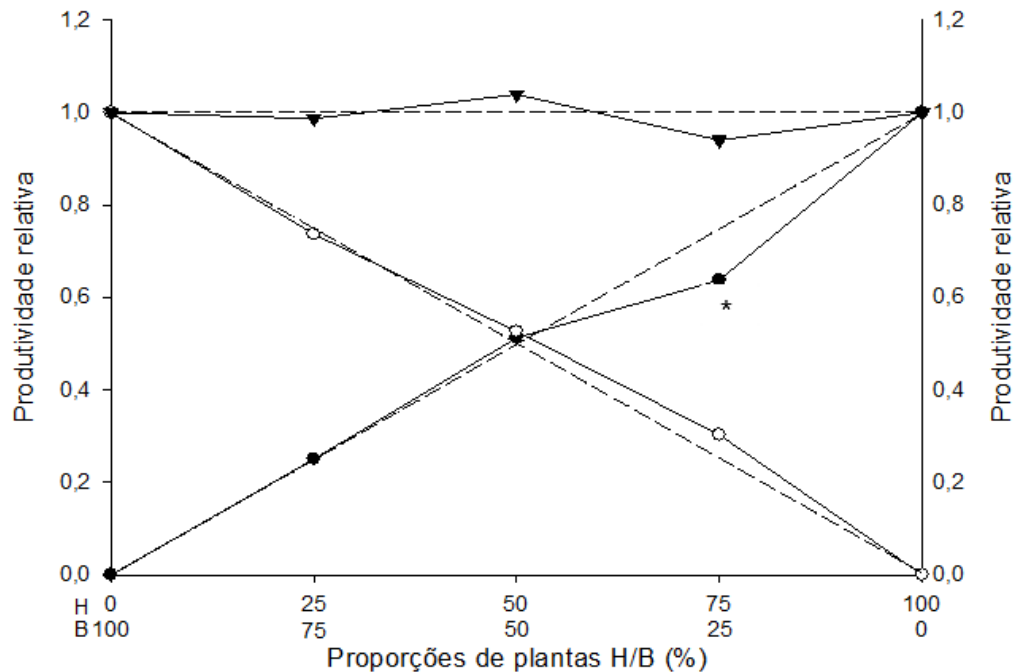
FIGURA 13. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies *D. horizontalis* e *D. bicornis*.



Fonte: Autor (2015).

* Difere estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade, ● PR da espécie *D. horizontalis*, ○ PR de *D. bicornis* e ▼ PRT.

FIGURA 14. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA) das espécies *D. horizontalis* e *D. bicornis*.

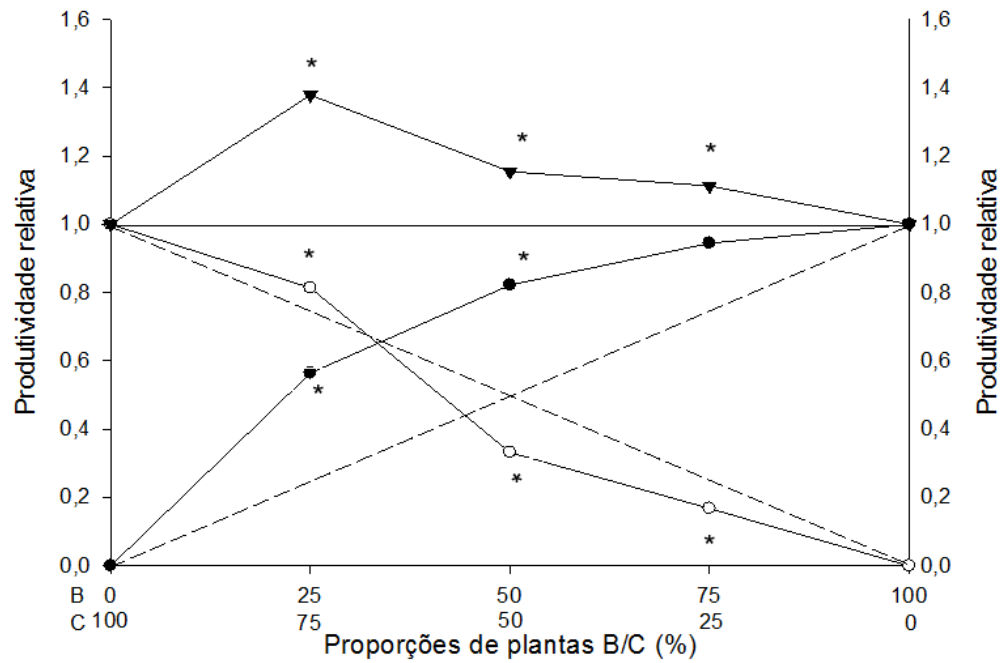


Fonte: Autor (2015).

* Difere estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade, ● PR da espécie *D. horizontalis*, ○ PR de *D. bicornis* e ▼ PRT.

Quando avaliada a competição relativa entre *D. bicornis* e *D. ciliaris*, observou-se diferença para as duas espécies, nas variáveis estudadas. A *D. bicornis* obteve PR's positivas nas proporções 25:75 e 50:50 para MSPA. Valores positivos indicam que a espécie é mais agressiva que a outra, contribuindo em maior quantidade para produção total. A espécie *D. ciliaris* demonstrou ser afetada pela competição em seu potencial para produção de MSPA. Isso pode ser verificado pelos valores negativos obtidos pela competição nas proporções de 75:25 e 50:50 (TABELA 10). Os resultados indicam que ocorre competição pelos mesmo recursos (FIGURAS 15 e 16). Para NA constatou-se o mesmo que para MSPA a *D. bicornis* produziu maior quantidade de afilhos, enquanto a *D. ciliaris* teve seu potencial reduzido.

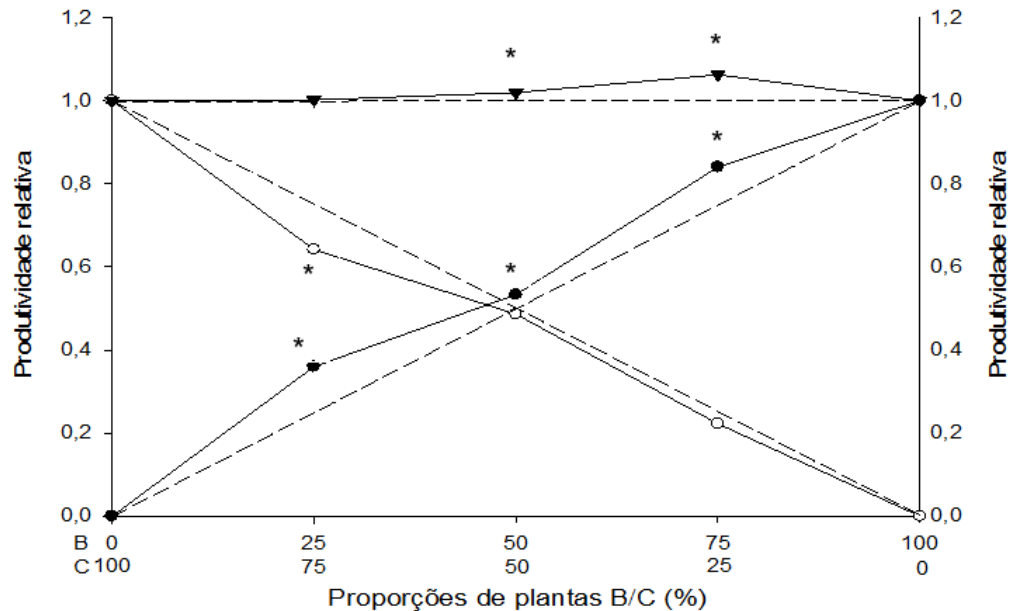
FIGURA 15. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) das espécies *D. bicornis* e *D. ciliaris*.



Fonte: Autor (2015).

* Difere estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade, ● PR da espécie *D. bicornis*, ○ PR de *D. ciliaris* e ▼ PRT.

FIGURA 16. Produtividade relativa (PR) e Produtividade relativa total (PRT) para número de afilhos (NA), das espécies *D. bicornis* e *D. ciliaris*.



Fonte: Autor (2015).

* Difere estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade, ● PR da espécie *D. bicornis*, ○ PR de *D. ciliaris* e ▼ PRT.

A competitividade relativa (CR) entre as espécies comparadas, foram superior a 1 para as competições entre *D. nuda* e *D. bicornis*, *D. nuda* e *D. horizontalis*, *D. horizontalis* e *D. ciliaris*, *D. horizontalis* e *D. bicornis*, *D. bicornis* e *D. ciliaris*. A CR obtida a partir das espécies *D. nuda* e *D. ciliaris*, foi inferior a 1 (TABELA 11). Pelo teste t ao nível de probabilidade de erro de 5%, foi constatada diferença apenas na comparação entre *D. bicornis* e *D. ciliaris*. Além da CR, foi constatada diferença para o coeficiente de agrupamento (K) e Agressividade. Desta forma, pode-se inferir que *D. bicornis* exerce maior dominância e maior agressividade em relação *D. ciliaris*.

Para NA os experimentos que apresentaram CR superiores a um foram: *D. nuda* e *D. horizontalis* e *D. bicornis* e *D. ciliaris*. As demais composições entre as espécies apresentaram valores de CR inferior a um. Foram significativos as composições *D. nuda* e *D. bicornis*, e *D. nuda* e *D. horizontalis*. Na comparação com *D. bicornis*, verificou-se que a mesma apresenta maior habilidade competitiva, sendo mais dominante e mais agressiva em relação *D. nuda*. Em competição com *D.*

horizontalis a espécie *D. nuda* foi mais competitiva, com maior dominância e agressividade.

Tabela 11 - Índices de competitividade entre as espécies de capim-colchão, para as variáveis Massa seca da parte aérea e Número de afilhos.

Massa seca da parte aérea				
ESPÉCIES	CR	K ₁	K ₂	A
N (1) X B (2)	1,44 ns	5,37 ns	1,42	0,26 ns
N (1) X C (2)	0,64 ns	0,96 ns	3,34	-0,28 ns
N (1) X H (2)	1,87 ns	6,23 ns	0,85	0,40 ns
H (1) X C (2)	1,16 ns	1,76 ns	1,22	0,09 ns
H (1) X B (2)	1,52 ns	2,00 ns	0,78	0,23 ns
B (1) X C (2)	2,48 *	4,64 *	0,50	0,49 *
Número de afilhos				
ESPÉCIES	CR	K ₁	K ₂	A
N (1) X B (2)	0,85 *	0,94 *	1,33	-0,09 *
N (1) X C (2)	0,85 ns	0,90 ns	1,25	-0,08 ns
N (1) X H (2)	1,22 *	1,35 *	0,89	0,10 *
H (1) X C (2)	0,84 ns	0,78 ns	1,10	-0,08 ns
H (1) X B (2)	0,97 ns	1,05 ns	1,11	-0,01 ns
B (1) X C (2)	1,10 ns	1,14 ns	0,95	0,05 ns

Fonte: Autor (2015).

N – *D. nuda*, **B** - *D. bicornis*, **C** - *D. ciliaris*, **H** - *D. horizontalis*, (1) – Espécie 1, (2) – Espécie 2, **CR** – Índice de Competitividade relativa, **K** – Coeficiente de agrupamento relativo, **A** – Índice de agressividade.

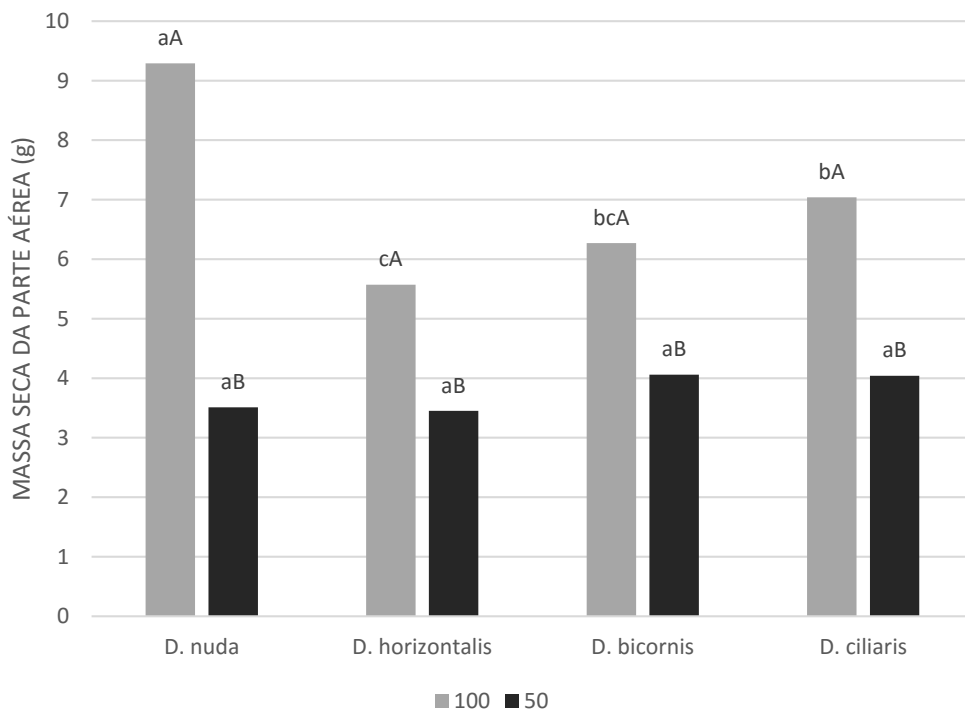
4.3.2 Desenvolvimento de espécies de capim colchão sobre estresse hídrico

A ocorrência de deficiência hídrica proporciona redução na matéria seca da parte aérea e do sistema radicular para todas as espécies estudadas. As espécies sobre condições de deficiência hídrica possuem comportamento semelhante para produção de massa seca, não ocorrendo diferença significativa entre as espécies pelo teste utilizado (FIGURAS 17 e 18).

Quando da ocorrência de água disponíveis, em 100% CC, constatou-se que a espécie *D. nuda* possibilitou maior MSPA. Não foi observada diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, entre as espécies *D. ciliaris* e *D. bicornis*. A espécie *D. horizontalis* foi a que menos proporcional acúmulo de MSPA, indicando ser inferior as demais quando submetida a tais condições. Algo a ser salientado é a redução drástica de MSPA, sofrida pela *D. nuda* quando submetida a

situação de estresse hídrico, mostrando desta forma que é mais sensível a tal condição quando comparada as demais.

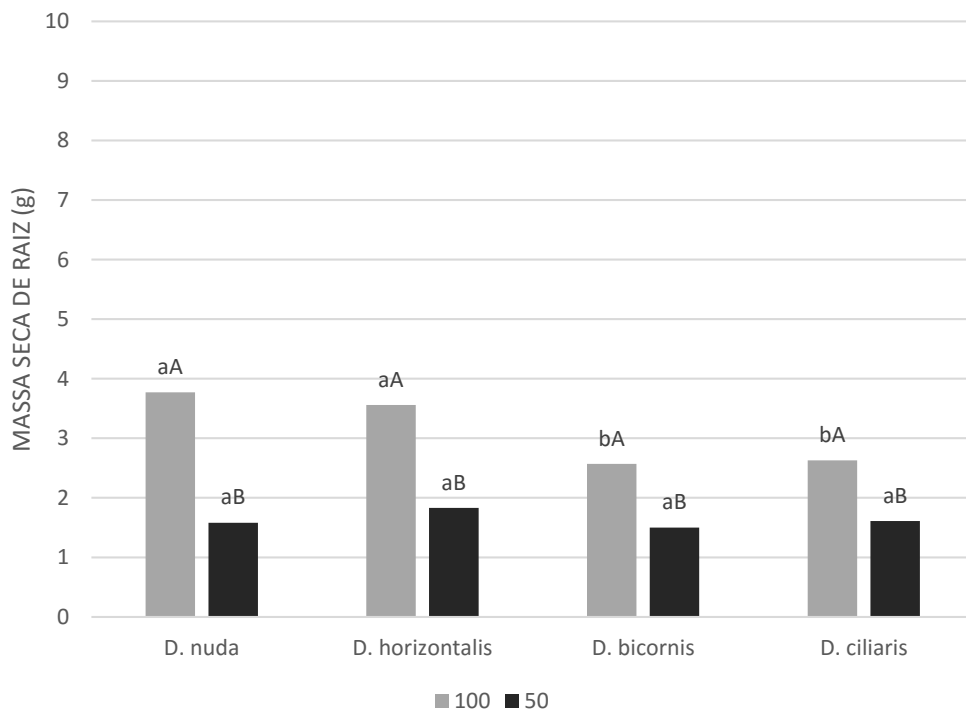
FIGURA 17. Matéria Seca da Parte Aérea de espécies de capim-colchão submetidas a condição de déficit hídrico.



Fonte: Autor (2015).

As espécies *D. nuda* e *D. horizontalis* não diferiram estatisticamente, mostrando ter maior capacidade de produção de MSR, quando estão em desenvolvimento em ambiente onde a capacidade de campo encontra-se ao máximo de sua disponibilidade de água. As espécies *D. bicornis* e *D. ciliaris* não diferiram estatisticamente entre si. A MSR apresentada por elas foi inferior as observadas por *D. nuda* e *D. horizontalis*.

FIGURA 18. Matéria Seca de Raiz de espécie de capim colchão submetidas a condição de déficit hídrico.

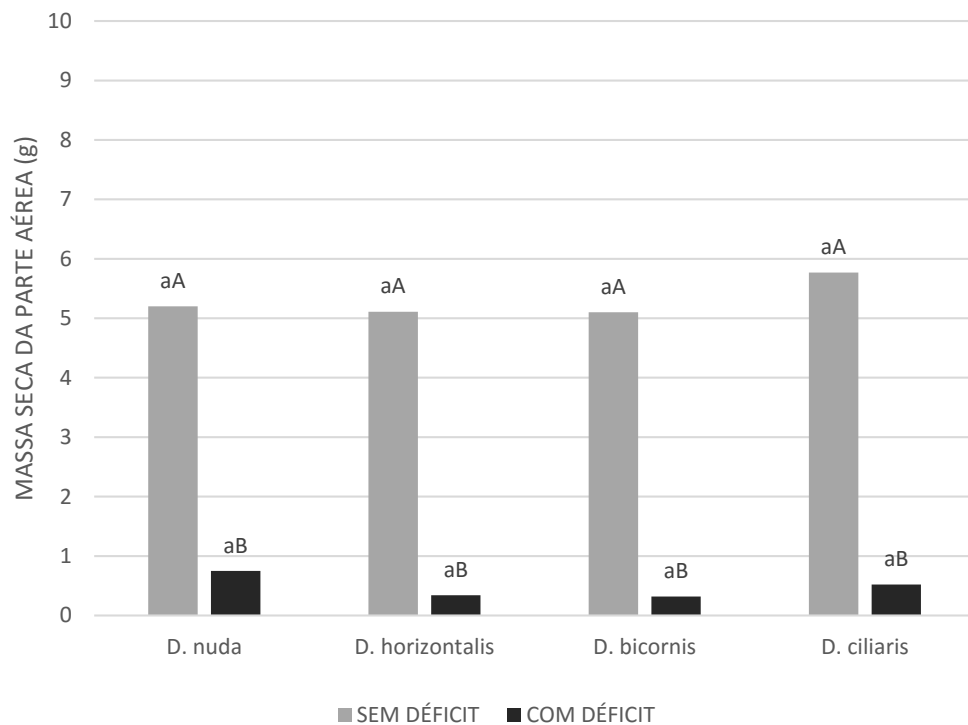


Fonte: Autor (2015)

4.3.3 Desenvolvimento de espécies de capim-colchão sobre estresse nutricional

As espécies quando submetidas a déficit nutricional reduziram a matéria seca da parte aérea e do sistema radicular (FIGURAS 19 e 20). O comportamento das espécies quanto a disponibilidade de nutriente foi semelhante para a variável MSPA. Não foi verificado diferença estatística pelo teste utilizando, permitindo afirma que independente das espécie sofrerem ou não com a deficiência de nutriente sua produção de MSPA será igual (FIGURA 19).

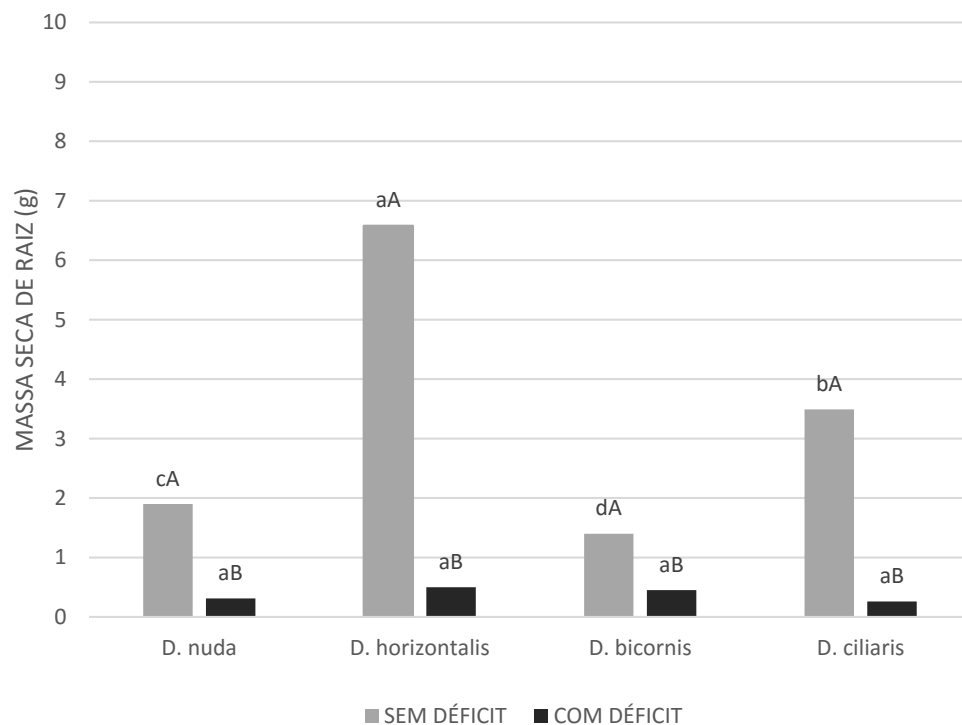
FIGURA 19. Matéria Seca da Parte Aérea de espécie de capim-colchão submetidas a condição de déficit nutricional.



Fonte: Autor (2015).

A MSR de *D. horizontalis*, sobre condições de disponibilidade nutricional, foi superior as demais espécies, apresentando 6,58 g de matéria seca por parcela. As espécie *D. ciliaris*, *D. nuda* e *D. bicornis*, diferiram entre si, apresentando valores de MSR de 3,49, 1,9 e 1,4 g por parcela, respectivamente. Não foi verificado diferença para a variável em condições onde ocorreu ausência de adubação, tendo as espécies desenvolvimento de massa de raízes iguais (FIGURA 20).

FIGURA 20. Matéria Seca de Raiz de espécie de capim-colchão submetidas a condição de déficit nutricional.



Fonte: Autor (2015)

4.4 Discussão

A produção de MSPA e o NA não foram afetados pela competição, em proporções variadas, das espécies *D. nuda* e *D. bicornis*, *D. nuda* e *D. ciliaris*, *D. nuda* e *D. horizontalis*, *D. horizontalis* e *D. ciliaris*, *D. horizontalis* e *D. bicornis*. As plantas possuem habilidade competitiva equivalentes. Tais espécies apresentarem característica de ocupação do espaço bastantes semelhantes. Suas características morfológicas são parecidas, para diferenciação entre as espécies é necessário o uso de microscópio com aumento de 25 vez e profissionais capacitados (KISSMANN, 1997; DIAS et al., 2007).

Plantas do mesmo grupo botânico geralmente competem pelos mesmos recursos do meio, podendo possuir habilidade competitiva equivalentes. Em estudo da competitividade relativa entre *D. ciliaris* e o arroz, constatou-se que as espécies competem pelos mesmos recursos do meio, o que foi verificado pela análise de produtividade relativa total, sendo a mesma igual a 1 para todas as variáveis.

levantadas (AGOSTINETTO et al., 2013). Em estudo envolvendo a capacidade competitiva entre cultivares de arroz e biótipo de arroz-vermelho foi constatado que as variedades, apesar de possuírem característica morfológicas e fisiológicas diferentes, possuem a mesma capacidade competitiva, apresentando equivalência, de forma que cada espécie contribui para produção de MSPA total de acordo com sua proporção na mistura (FLECK et al., 2008).

Na competição com *D. ciliaris* a espécie *D. bicornis* demonstrou maior habilidade competitiva. Essa habilidade foi constatada em todas as análises comparativas realizada, ficando bem evidente pela representação gráfica do fenômeno, onde a mesma demonstra que produção de MSPA é aumentada em todas as proporções. O mesmo não foi verificado para *D. ciliaris* onde 2/3 das proporções demonstraram interação negativa para variável. Apesar da semelhança morfológica e da proximidade botânica é possível verifica potencial diferenciado em relação a habilidade competitiva entre espécies do mesmo grupo botânico ou até mesmo entre biótipos da mesma espécie.

Em competição entre *D. ciliaris* e arroz irrigado foi constatado que a espécie competidora foi superada pela cultura do arroz, que apresentou também maior dominância. Nesse estudo plantas de arroz apresentaram valores de produtividade relativa acima da reta de equivalência enquanto que a *D. ciliaris* obteve valores de produtividades relativas inferiores (AGOSTINETTO et al., 2013). Comportamento onde uma espécie apresenta curva convexa e outra côncava, são bastante comuns sendo encontrado por López Ovejero et al., (2007), em combinações entre biótipos suscetível e resistente de *D. ciliaris* e soja e Rigoli et. al., (2008) entre trigo e azevém.

Os resultados de MSPA, obtidos a partir dos índices calculados confirmaram o que foi apontado pelas diferenças das produtividades relativas. Em relação ao NA as comparações entre *D. nuda* e *D. bicornis* e *D. nuda* e *D. horizontalis* diferiram das que foram observado pelas diferenças das produtividades relativas totais, onde a referida análise, constatou que as espécies em suas comparações tiveram habilidade competitiva equivalentes. Apesar das plantas possuírem característica morfológica e fisiológicas semelhantes é possível que algumas características seja diferenciadas. Em pesquisa comparando genótipos de arroz com papuã, os autores observaram ocorrência de diferença na habilidade competitivas entre as variedades de arroz

quando na presença da espécie daninha. O genótipo BRS Sinuelo CL sobressaiu ao BRS Querência para as variáveis massa seca da parte aérea e área foliar, enquanto que para o número de afilhos o BRS Querência superou a BRS Sinuelo CL (GALON et al., 2011).

Analisando o desempenho das espécies que apresentaram diferenças em suas habilidades competitivas, tanto pelas diferenças das produtividades relativas, quanto pelos índices calculados, é possível afirmar que as espécies *D. nuda* e *D. horizontalis* possuem maior competitividade intraespecífica, já que o aumento nas proporções da espécie, proporcional maior redução da PR para as variáveis estudadas. Os resultados observados corroboram com obtidos por Agostinetto et al., 2009, que verificaram que plantas de soja competem mais pelos mesmos recursos com plantas da mesma espécie do que com plantas de espécies diferentes.

Sobre condições onde ocorre disponibilidade de água a espécie *D. nuda* apresenta maior desenvolvimento de parte aérea, o que possibilita a espécie maior capacidade de competição por luz. Apesar do maior número de recursos possibilitar a diminuição da competição por água e nutrientes, intensifica a competição acima do solo, aumentando o desenvolvimento da parte aérea e por consequência a procura por luz (AERTS, 1999). Havendo estresse hídrico a espécie *D. nuda* apresentou ser mais sensível, mostrando maior redução da massa seca da parte aérea. O sistema radicular exerce além da função de sustentação e suporte da planta, atua também no suprimento de água e nutrientes para planta (RADOSEVICH et al., 1997). Para as plantas daninhas o crescimento quantitativo das raízes representa o principal fator competitivo (DOTRAY; YOUNG, 1993). Quando da existência de disponibilidade de água a espécie *D. nuda*, bem como *D. horizontalis* demonstraram maior capacidade exploratória do sistema radicular, aumentando por consequência a absorção de nutrientes e produção de matéria seca da parte aérea, o inverso do que é visualizado quando a capacidade de campo é reduzida pela metade.

4.5 Conclusões

Não ocorre competição entre as espécies *D. nudae*, *D. bicornis*, *D. nuda* e *D. ciliaris*, *D. nuda* e *D. horizontalis*, *D. horizontalis* e *D. ciliaris*, *D. horizontalis* e *D. bicornis*, que apresentam competitividade equivalente.

A espécie *D. bicornis* foi mais competitiva que *D. ciliaris*, com maior produtividade em situação de competição.

Para as espécies *D. nuda* e *D. horizontalis* a competição intraespecífica foi mais importante, que a competição com plantas de outras espécies.

A produção de matéria seca das espécies de capim-colchão é reduzida quando as mesmas são submetidas a situação de estresse hídrico ou nutricional.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D. et al. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, DF, v. 48, n. 10, p. 1315-1322, 2013.

_____, et al. competitividade relativa da soja em convivência com papuã (*Brachiaria plantaginea*). **Scientia Agraria**, Curitiba, PR, v. 10, n. 3, p. 185- 190, 2009.

_____. et al. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipos de capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 757-766, 2008.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ci. Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 5, p. 1380-1387, 2006.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. São Paulo: BASF, 2005. 49 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Série histórica de produção de cana-de-açúcar**. Brasília, DF: CONAB, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 20 fev.2015.

CONCENÇO, G. et al. Eficiência fotossintética de biótipos de azevém em condição de competição. **PlantaDaninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2008.

COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density dependence of replacement series experiments. **Oikos**, v. 66, n. 2, p. 347-352, 1993.

_____. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technol.**, v. 5, n. 3, p. 664-673, 1991.

DIAS, N.M.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; TORNISIELO, V.L. Identificação taxonômica de espécies de capim colchão infestantes da cana de açúcar no Estado de São Paulo e eficácia de herbicidas no controle de *Digitaria nuda*. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 64, p. 389-396, 2005.

DOTRAY, P. A., YOUNG, F. L. Characterization of root and shoot development of jointed foxtail (*Aegilops cylindrica*). **Weed Science**, Champaign, v. 41, n.3, p. 353-361, 1993.

FERREIRA, E. A. et al. Potencial competitivo de biótipos de Azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 261-269, 2008.

FLECK, N. G. et al. Associação de características de planta em cultivares de aveia com habilidade competitiva. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.27, n.2, p. 211-220, 2009.

GALON, L. et al. Interação competitiva de genótipos de arroz e papua. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.32, n. 3, p. 533- 542, 2014.

GALON, L., et al. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.29, p.771-781, 2011.

HOFFMAN, M. L.; BUHLER, D. D. Utilizing *Sorghum* as a functional model of crop weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. **Weed Sci.**, v. 50, n. 4, p. 466-472, 2002.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas – tomo I: Plantas inferiores e monocotiledôneas**. São Bernardo do Campo: Editora BASF, 1997. 824 P.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

_____. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 323-330, 2001.

LÓPEZ OVEJERO, R. F., et al. Crescimento e competitividade de biótipos de capim-colchão resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, BR, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2007.

MEIRELLES, G. L. S., et al. Determinação dos períodos de convivência da cana-soca com planta daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 67-73, 2009.

MORAES, P.V.D., et al. Competitividade relativa de soja com arroz-vermelho. **Planta Daninha**, Viçosa- MG, v. 27. N. 1, p. 35- 40, 2009.

OLIVEIRA Jr., R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 362 p.

PASSINI, T. **Competitividade e predição de perdas de rendimento da cultura do feijão quando em convivência com *Brachiariaplantaginea* (Link) Hitchc.** 2001. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; VARGAS, L. **Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar**. In.: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Eds.). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 397-452.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for vegetation management**. 2. ed. New York: Wiley, 1997. 589 p.

RIGOLI, R. P. et al. Habilidade competitiva de trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 93-100, 2008.

ROUSH, M. L. et al. Comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. **Weed Sci.**, v. 37, n. 2, p. 268-275, 1989.

SILVA, D.R.O., Habilidade competitiva, alterações no metabolismo secundário e danos celulares de soja competindo com *Conyzabonariensis* resistente e suscetível a glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa- MG, v. 32, n. 3, p. 579- 589, 2014.

SOUZA, R.C. et al. Differential tolerance of two species of the genus *Digitaria* to herbicide recommended for sugarcane crop. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, AL, v. 1, p. 13-20, 2013.

VIVIAN, R. et al. Análise de crescimento de erva-de-touro em competição com soja cultivada sob deficiência hídrica. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 599-610, 2013.

YAMAUTI, M.S., ALVES, P.L.C.A.; CARVALHO, L.B. interações competitivas de triticales (*Triticum turgidosecale*) e nabiça (*Raphanus raphanistrum*) em função da população e proporção de plantas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 129-135, 2011.