



UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



CECA

FREDS FERNANDO ALVES DE ALMEIDA

**COMPETIÇÃO ENTRE CANA-DE-AÇÚCAR E PLANTAS DANINHAS NA FASE
INICIAL DE CRESCIMENTO VEGETATIVO**

Rio Largo - AL

2012

FREDS FERNANDO ALVES DE ALMEIDA

**COMPETIÇÃO ENTRE CANA-DE-AÇÚCAR E PLANTAS DANINHAS NA FASE
INICIAL DE CRESCIMENTO VEGETATIVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof^a Dr^a Vilma Marques
Ferreira

Rio Largo - AL

2012

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

- A447c Almeida, Freds Fernando Alves de.
Competição entre cana-de-açúcar e plantas daninhas na fase inicial de crescimento vegetativo / Freds Fernando Alves de Almeida. – 2012.
63 f. : il. grafs. e tabs..
- Orientadora: Vilma Marques Ferreira.
Dissertação (mestrado em Agronomia : Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2012.
- Bibliografia: f. 55-60.
Anexos: f. 61-63.
1. Cana-de-açúcar. 2. Plantas daninhas. 3. Competição.
4. *Digitaria horizontalis*. 4. *Euphorbia heterophylla*. I. Título.

CDU: 633.34

TERMO DE APROVAÇÃO

COMPETIÇÃO ENTRE CANA-DE-AÇÚCAR E PLANTAS DANINHAS NA FASE INICIAL DE CRESCIMENTO VEGETATIVO

FREDS FERNANDO ALVES DE ALMEIDA

Matricula: 10130296

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado em Agronomia (Área de Concentração em “Produção Vegetal”), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia, tendo sido aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Vilma Marques Ferreira
CECA/UFAL
Orientador
(Presidente)

Prof. Dr. José Vieira Silva
Campus Arapiraca/UFAL
(Membro)

Prof. Dr. Gilson Moura Filho
CECA/UFAL
(Membro)

Dr. Renan Cantalice de Souza
CECA/UFAL
(Membro)

Rio Largo - AL
2012

A Deus, pelo dom da vida, e pela benção de cada dia...

Aos meus pais José Fernando Alves de Almeida (in memorian) e Maria Alves de Almeida, pelo amor incondicional, incentivo pelo estudo, enfim por todas as vitórias conquistadas em minha vida, sem eles nada disso seria possível...

Aos meus irmãos Fernando José, Maria Nazaré, Nazilda Fernanda, Naudinécia Alves e Flávio Alves, por representarem muito bem meus pais, me estimulando e apoiando sempre na minha formação profissional...

A toda minha família, especialmente meus sobrinhos...

A minha namorada Débora Teresa, pelo companheirismo, incentivo, cumplicidade e carinho...

DEDICO

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e à Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias (CECA) pela possibilidade de ingresso no curso de pós-graduação (mestrado).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa durante todo o curso.

À Prof^a Dr^a Vilma Marques pela orientação, confiança e ensinamentos, durante essa importante etapa de minha vida.

Aos Professores Dr. José Vieira e Dr. Laurício Endres pelos ensinamentos e colaboração no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof^o Dr. Rômulo Menezes pelo apoio na realização das análises, aos amigos Claudenice Maria, Gilberto Elói, Kennedy Nascimento, Patryk Melo e a todos que fazem parte do Laboratório de Fertilidade do Solo/Radioagronomia (DEN/UFPE).

Aos Professores Dr. Gilson Moura, Dr. João Correia, Dr^a Leila Rezende, Dr. Paulo Vanderlei, e Dr. Paulo Vieira por compartilhar seus conhecimentos nas disciplinas do curso de mestrado.

A todos que fazem parte do Laboratório de Fisiologia Vegetal do Centro de Ciências Agrárias (CECA), pela amizade e colaboração direta ou indireta na realização deste trabalho.

Ao programa de Melhoramento da Cana-de-açúcar (PMGCA), pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas de Turma de mestrado por compartilhar bons momentos de estudo no decorrer das disciplinas, e pela amizade.

À Secretaria do curso da Pós-Graduação nas pessoas de Geraldo Lima, Marcos Antônio e Rinaldo Barros.

... Meus sinceros agradecimentos.

*“Educai as crianças, para que não seja
necessário punir os adultos.”*

(Pitágoras)

RESUMO

As plantas daninhas representam um dos principais fatores bióticos que causam redução na produtividade da cana-de-açúcar. O seu controle, realizado principalmente pelo uso de herbicidas, eleva os custos de produção, além de contaminar o meio ambiente. Uma das alternativas seria o uso de variedades mais competitivas quanto a esse fator. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento inicial, a nutrição e o uso de água, em plantas de quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. Foram utilizadas quatro variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB931011, RB92579 e RB98710) submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas (*Digitaria horizontalis* e *Euphorbia heterophylla*) sob o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 (variedades) x 3 (níveis de competição), com a adição de mais 2 tratamentos (plantas daninhas isoladas), com 5 repetições. Avaliou-se semanalmente o crescimento das quatro variedades de cana-de-açúcar (altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas e área foliar), o índice SPAD nas variedades e nas plantas daninhas, além disso, a cada dois dias através da pesagem dos vasos, quantificou-se a quantidade de água utilizada pelas plantas e calculou-se a Eficiência do uso de água (EUA) e o Coeficiente transpiratório (CT). Ao final do experimento após 74 dias sob competição, coletou-se o experimento. Nesse momento determinou-se a concentração de clorofilas *a*, *b*, total e carotenóides; a biomassa seca produzida, teores de N, P, K e Na. De maneira geral, a espécie daninha que causou as maiores reduções no crescimento das variedades de cana-de-açúcar foi a *D. horizontalis*. A variedade de cana-de-açúcar RB98710 mostrou-se mais susceptível à competição. Em relação aos teores de pigmentos fotossintéticos, observou-se que tanto as variedades de cana-de-açúcar, quanto as espécies de planta daninha sofreram reduções significativas nos teores destes pigmentos, quando submetidas à competição, sejam eles determinados através das leituras SPAD, ou através da extração da clorofila, onde a *D. horizontalis* também causou as reduções mais pronunciadas. As variedades de cana-de-açúcar sofreram reduções significativas em N, P e K, sendo a variedade RB98710 a que apresentou as menores reduções, enquanto a RB931011 foi a mais susceptível, apresentando as maiores reduções destes nutrientes. Dentre as plantas daninhas, a *E. heterophylla* expressou maiores teores de N e P, enquanto a *D. horizontalis* a superou nos teores de K e Na. As variedades de cana-de-açúcar apresentaram maior eficiência no uso da água, enquanto que as plantas daninhas apresentaram elevado coeficiente transpiratório, o que as qualifica como potencialmente danosas na competição hídrica.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar. Plantas daninhas. Competição. *Digitaria horizontalis*. *Euphorbia heterophylla*.

ABSTRACT

Weeds are a main biotic factors that cause reduction in productivity of sugar-cane. Its control carried out mainly by the use of herbicides, raises the production cost, and environmental pollution. One alternative is the use of varieties tolerant to this factor. Therefore, the objective of this study was to evaluate the initial growth, nutrition and water use in plants of four varieties of sugar-cane subject to competition with two weed species. Were utilized four varieties of sugar-cane (RB867515, RB931011, RB92579 e RB98710) subjected to competition with two weed species (*Digitaria horizontalis* e *Euphorbia heterophylla*) under the completely randomized design in factorial 4 (varieties) x 3 (levels of competition) with the addition of more than 2 treatments (weeds isolated), with 5 replicates. Evaluated on a weekly growth of four varieties of cane sugar (plant height, stem diameter, leaf number and leaf area), SPAD index in the variety of weed and, moreover, every other day by weighing vessel, quantifying the amount of water used by plants and calculated the Efficiency of Use of Water (EUA) and Transpiration Coefficient (CT). At the end of the experiment after 74 days under competition, the experiment was collected. At this point it was determined the concentration of chlorophyll *a*, *b*, total and carotenoids, dry biomass production, levels of N, P, K and Na. Generally, the weed species that caused the greatest reductions in the growth of varieties of sugar-cane was *D. horizontalis*. The variety of sugar-cane RB98710 was more susceptible to competition. In relation to content of photosynthetic pigments, it was observed that both varieties of sugar-cane, as the weed species have suffered significant reductions in levels of these pigments, when subjected to competition, whether determined by SPAD readings, or by extraction of chlorophyll, where the *D. horizontalis* also caused more pronounced reductions. The varieties of sugar cane suffered significant reductions in N, P and K, and the variety RB98710 that had lower nutrient reductions, while RB931011 was the most likely. Among the weeds, *E. heterophylla* expressed higher levels of N and P, while *D. horizontalis* surpassed in the K and Na. The varieties of sugar-cane showed greater efficiency in water use, while the weeds were high transpiration coefficient, which qualifies them as potentially harmful in the competition for water.

Keywords: Sugar-cane. Weeds. Competition. *Digitaria horizontalis*. *Euphorbia heterophylla*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Altura de plantas (cm) de quatro variedades de cana-de-açúcar, submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. As barras representam o valor do erro padrão da média.....	32
Figura 2	Diâmetro do colmo (mm) de quatro variedades de cana-de-açúcar, submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. As barras representam o valor do erro padrão da média.....	33
Figura 3	Número de folhas de quatro variedades de cana-de-açúcar, submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. As barras representam o valor do erro padrão da média.....	34
Figura 4	Área Foliar (cm ²) de quatro variedades de cana-de-açúcar, submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. As barras representam o valor do erro padrão da média.....	35
Figura 5	Leitura SPAD em quatro variedades de cana-de-açúcar, submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. As barras representam o valor do erro padrão da média.....	37
Figura 6	Leitura SPAD em duas espécies de plantas daninhas (<i>D. horizontalis</i> e <i>E. heterophylla</i>) submetidas à competição com quatro variedades de cana-de-açúcar. As barras representam o valor do erro padrão da média.....	38
Figura 7	Eficiência no Uso de Água [EUA] (A) e Coeficiente Transpiratório [CT] (B) em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas, As barras representam o valor do erro padrão da média. Letras iguais sobre as colunas indicam que as médias não diferem entre si.....	51
Figura 8	Quantidade de H ₂ O (mL) em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas, LEGENDA: Gráfico (A) RB867515 e RB931011 (Variedades que apresentam crescimento inicial rápido) e RB92579 e RB98710 (Variedades que apresentam crescimento inicial lento). Gráfico (B) <i>D. horizontalis</i> , <i>E. heterophylla</i> , durante um período de 45 dias, sob avaliações a cada 2 dias.....	52

Figura 9	Relação Raíz/Parte Aérea em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas, 95 DAP (Dias Após o Plantio).....	53
----------	--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores de F obtidos da análise de variância para os teores de clorofila <i>a</i> (Chl <i>a</i>), clorofila <i>b</i> (Chl <i>b</i>), clorofila total (Chl <i>Total</i>), relação clorofila <i>a/b</i> (Chl <i>a/Chl b</i>) e carotenóides em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas submetidas à competição, cultivadas em casa-de-vegetação após 74 DSC (Dias sob Competição).....	40
Tabela 2	Teores de clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , clorofila <i>total</i> , relação clorofila <i>a/b</i> e carotenóides em quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas.....	41
Tabela 3	Teores de clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , clorofila <i>total</i> , relação clorofila <i>a/b</i> e carotenóides em duas espécies de plantas daninhas submetidas à competição com quatro variedades de cana-de-açúcar.....	42
Tabela 4	Valores de F obtidos da análise de variância para Massa Seca da Parte Aérea em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas submetidas à competição, cultivadas em casa-de-vegetação após 74 DSC (Dias sob Competição).....	44
Tabela 5	Massa Seca da Parte Aérea de quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas.....	44
Tabela 6	Massa Seca da Parte Aérea de duas espécies de plantas daninhas submetidas à competição com quatro variedades de cana-de-açúcar.....	45
Tabela 7	Valores de F obtidos da análise de variância para os teores de nitrogênio, fósforo e potássio em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas submetidas à competição, cultivadas em casa-de-vegetação após 74 DSC (Dias sob Competição).	46
Tabela 8	Teores de nitrogênio; fósforo e potássio em quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas.....	47
Tabela 9	Teores de nitrogênio; fósforo e potássio em duas espécies de plantas daninhas, submetidas à competição com quatro variedades de cana-de-açúcar.....	48

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	Determinação de Área foliar.....	27
Equação 2	Determinação de Clorofila <i>a</i>	28
Equação 3	Determinação de Clorofila <i>b</i>	28
Equação 4	Determinação de Clorofila Total.....	28
Equação 5	Determinação de Carotenóides.....	28
Equação 6	Determinação da Eficiência no Uso da Água.....	29
Equação 7	Determinação do Coeficiente Transpiratório.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Cana-de-açúcar.....	17
2.1.1 Aspectos gerais das variedades.....	18
RB98710.....	18
RB92579.....	18
RB931011.....	19
RB867515.....	19
2.2 Plantas daninhas.....	19
2.2.1 Conceito de Planta daninha.....	19
2.2.2 Espécies de Plantas daninhas Estudadas.....	20
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.....	20
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.....	21
2.3 Competição entre Plantas daninhas e Culturas.....	21
2.3.1 Competição Hídrica.....	22
2.3.2 Competição Nutricional.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5 CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXOS.....	61

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado em relação à exportação de açúcar e álcool anidro para fins de combustíveis, uma vez que possui duas regiões produtoras, com safras alternadas, o que favorece a sua presença no mercado mundial ao longo de todo o ano (SILVA, 2005). A expansão no cultivo de cana-de-açúcar em áreas não tradicionais, como os tabuleiros costeiros, cerrados e cerrado, teve grande expansão desde a criação do Programa Nacional do Álcool - PROÁLCOOL em 1975 (NOGUEIRA, 1987). Intensificando-se nos últimos anos com a crise do Petróleo no mundo inteiro e a necessidade da produção de combustíveis menos poluentes.

No entanto, um problema muito grave que afeta a produtividade da cana-de-açúcar, são as plantas daninhas. As mesmas competem por luz, umidade, dióxido de carbono e nutrientes minerais (CHEENA et al., 2005; SHAHID et al., 2006). Pode-se estimar que cerca de 1000 espécies de plantas daninhas habitam o agroecossistema da cana-de-açúcar nas distintas regiões produtoras do mundo (AREVÁLO, 1978). Representando um dos principais componentes que interferem no desenvolvimento e na produtividade desta cultura (KUVA et al., 2003).

A interferência negativa resultante da presença dessas plantas pode causar reduções na quantidade e na qualidade do produto colhido e diminuir o número de cortes viáveis, além de aumentar os custos em cerca de 30% para cana-soca e de 15 a 20% para cana-planta (LORENZI, 1988, 1995; PROCÓPIO et al., 2004; DIAS et al., 2007).

Num agroecossistema a água é considerada o recurso essencial mais limitante ao crescimento e produção das culturas (GRIFFIN et al., 1989; PROCÓPIO et al., 2002). O regime de chuvas e a umidade do solo influenciam fortemente o crescimento das plantas daninhas, afetando, conseqüentemente, a competição com as culturas (HOLM, 1977).

Além da competição hídrica, as plantas daninhas removem cerca de quatro vezes mais N e P e 2,5 vezes o K nos primeiros 50 dias do desenvolvimento da cana-de-açúcar, além de abrigar certas pragas e doenças que atacam a cana e elevam as perdas indiretas. Estima-se que haja uma redução de até 85% na produtividade da cana (peso dos colmos) decorrente das plantas daninhas (BLANCO, 2011).

A competição entre as plantas daninhas e as culturas, depende de vários fatores. Alguns são relacionados à comunidade infestante, outros à cultura e outros às condições específicas em que ocorre a convivência entre a cultura e a comunidade infestante, principalmente às condições edafoclimáticas, que por sua vez podem ser modificados pelos sistemas de produção. Além disso, depende também da época e da extensão do período em que ocorre a convivência entre as plantas daninhas e a cultura (PITELLI, 1985; SILVA et al., 2009).

Na cultura da cana-de-açúcar alguns autores estudaram períodos de convivência entre a cultura e as plantas daninhas, dentre eles; Rolim e Christoffoleti (1982), Bacchi (1986), Graciano e Barbosa (1986), Graciano (1989), Constantin (1993) e Kuva et al. (2000, 2001 e 2003) . Fornecendo informações relevantes sobre a interferência das plantas daninhas numa época em que o desenvolvimento inicial da cultura e da comunidade infestante é pleno. Período este que compreende os primeiros 90-120 dias de cultivo, considerado o período mais crítico para a competição com as plantas daninhas.

O controle mais eficiente das mesmas, nesse período, é o químico, através da aplicação de herbicidas. Aquecendo o mercado de defensivos agrícolas no Brasil, que em 2011, foi de US\$ 8,5 bilhões (R\$ 15,9 bilhões), 16,3% a mais que 2010. Deste valor, o mercado de herbicidas representou 38%, seguido por inseticidas e acaricidas, com 31%, fungicidas com 27% e outros, com 4%. A previsão para 2012 é que o mercado cresça de 3 a 5% em relação ao ano anterior (SINDAG, 2012). Apesar disso, em algumas situações, o controle cultural pode ser tão eficiente que minimize o uso de herbicidas para determinada espécie, ou seja, aproveitando características da própria planta ou do seu processo de cultivo, utilizando-se cultivares ou variedades de rápido crescimento e que sombreiem a superfície do solo antes da emergência das plantas daninhas, diminuindo assim o impacto da competição nas culturas.

Visando aprofundar o conhecimento dos danos causados pelas plantas daninhas na fase inicial do crescimento vegetativo da cana-de-açúcar, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar o crescimento inicial, a nutrição mineral e o uso de água, em plantas de quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp) é uma planta pertencente a família Poaceae, do gênero *Saccharum*, as espécies reconhecidas são: *S. officinarum*, *S. sinense*, *S. barberi*, *S. edule*, *S. spontaneum* e *S. robustum*. A cana-de-açúcar possui centro de origem na região leste da Nova Guiné (DANIELIS e ROACH, 1987), as variedades atuais de cana-de-açúcar são originadas de espécies e híbridos do gênero *Saccharum* L.. Por centenas de anos grande parte do açúcar era extraído de variedades da espécie *S. officinarum* L., mas outras espécies do mesmo gênero têm sido usadas na produção comercial do açúcar na Índia e na China, por isso nunca foi correto referir-se a cana-de-açúcar categoricamente como sendo a espécie *S. officinarum* L. o que certamente é incorreto (STEVENSON, 1965).

O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil teve início em 1532, quando Martim Afonso de Souza, em parceria com o genovês Giusepe Adorno, fundou em São Vicente o engenho dos Erasmos, nome de seu financiador alemão. Foi esse o primeiro engenho de açúcar do Brasil. Logo em seguida, Duarte Coelho fundou outro em Pernambuco que, devido à maior proximidade com a Europa e o clima mais favorável ao cultivo da cana-de-açúcar, logo superou e muito o engenho em São Vicente (JORNAL CANA, 2012).

A agroindústria sucroalcooleira nos dias atuais constitui um dos setores do agronegócio mais importantes para a economia primária brasileira. Movimenta 56 bilhões de reais por safra englobando os diversos produtos finais (Produção de Cana, Açúcar, Etanol e Bioeletricidade). Sendo formada por aproximadamente 420 Usinas e Destilarias (e cerca de 40 projetos em andamento), representando 2% do Produto Interno Bruto, recolhendo 14 bilhões de reais em impostos e taxas e gerando 4,5 milhões de empregos diretos e indiretos, dados referentes à safra (2010/11) (JORNAL CANA, 2012).

No Brasil, existe um número relativamente grande de variedades obtidas em programas de melhoramento locais ou introduzidas de outras regiões, que são avaliadas continuamente na experimentação, com a finalidade de determinar o comportamento e a viabilidade de seu aproveitamento em plantios comerciais (MELO et al., 2006). Destes programas de melhoramento em cana-de-açúcar, o mais relevante é o da RIDESA (Rede

Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro), onde as variedades de sigla RB – República Federativa do Brasil, atualmente ocupam 58% da área de cana-de-açúcar cultivada no Brasil, ou seja, cerca de quatro milhões e quinhentos mil hectares (RIDESA, 2010).

2.1.1 Aspectos Gerais das variedades estudadas

As informações sobre as variedades foram obtidas no Catálogo Nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar e no Catálogo de Liberação Nacional de novas variedades “RB” de cana-de-açúcar (RIDESA, 2010).

- RB98710

A variedade RB98710 possui hábito de crescimento ereto, folhas arqueadas, de largura média e bainha verde e roxo, fácil despalha, copa foliar de volume regular e tonalidade intermediária, palmito curto, com regular presença de cera. Apresenta desenvolvimento lento, brotação muito boa, alto perfilhamento em cana planta e cana soca, com bom fechamento de entrelinhas, alto teor de sacarose e elevada produção agrícola em diversos estágios de cultivo. Apresenta PUI longo, teor de fibra baixo e maturação precoce. Destaca-se pela alta produtividade agrícola na planta, soca e ressoca, alto teor de açúcar, precocidade e ótimo perfilhamento. Também apresenta resistência à ferrugem marrom e ao mosaico.

- RB92579

A variedade RB92579 apresenta desenvolvimento lento, colmo de aspecto manchado, pouca cera, cor roxa ao sol e amarelo-verde sob a palha, diâmetro médio dos entrenós, despalha difícil, gemas pouco salientes, folhas largas, com pontas curvas, caracterizando sua arquitetura foliar. Nesta variedade destaca-se o ótimo perfilhamento e brotação da socaria, alta produtividade agrícola, elevado ATR (Açúcar Total Recuperável) que é expresso em quilogramas de açúcar por tonelada de cana e representa todos os açúcares presentes na matéria prima. Além de possuir rápida recuperação ao estresse hídrico (seca).

- RB931011

A variedade RB931011 possui hábito de crescimento levemente decumbente, folhas eretas e de largura média, com bainha verde amarelada, despalha média, copa foliar de volume regular e tonalidade intermediária, palmito longo e com intensa presença de cera, também apresenta rápido desenvolvimento, boa brotação, perfilhamento médio em cana planta e cana soca, bom fechamento de entrelinhas, médio teor de sacarose e média produção agrícola em diversos estágios de cultivo. Apresenta maturação tardia e possui PUI (período útil de industrialização) e teor de fibra médios. Destaca-se pelo excelente desempenho em solos de textura arenosa e pelo rápido crescimento vegetativo. É resistente às doenças carvão, ferrugem marrom, escaldadura e ao mosaico.

- RB867515

A variedade RB867515 possui rápido desenvolvimento, hábito de crescimento ereto, de média despalha, diâmetro do colmo médio, entrenós cilíndricos de cor verde-arroxeados e roxo intenso quando exposto ao sol, apresentam pouca rachadura e pouca cerosidade. Como destaque desta variedade pode-se elencar o alto teor de sacarose e alta produtividade agrícola, além de ser responsiva a maturador. Excelente desenvolvimento, com boa brotação em cana-planta e cana-soca. Excelente desempenho em solos de textura arenosa.

2.2 Plantas Daninhas

2.2.1 Conceito de Planta daninha

Os termos “Plantas Daninhas”, “Plantas Invasoras” e “Ervas Daninhas” têm sido utilizados indistintamente na literatura brasileira. Estas plantas também são denominadas de plantas silvestres, plantas rústicas ou apenas mato. Entretanto todos esses conceitos estão baseados na forma como são indesejadas em relação a alguma atividade humana.

Segundo Tomaz (2011) a definição de planta daninha nem sempre é fácil, devido à evolução e complexidade que atualmente atingiu a Ciência de Plantas Daninhas. De modo que, uma planta pode ser daninha em determinado momento se estiver interferindo negativamente nos objetivos do homem, porém esta mesma planta pode ser útil em outra

situação. Podemos citar como exemplos, espécies altamente competidoras com as plantas cultiváveis, sendo extremamente úteis no controle da erosão, promovendo a reciclagem de nutrientes, servindo como planta medicinal, fornecendo néctar para as abelhas (fabricação do mel), etc. por outro lado uma planta cultivada também pode ser daninha se ela ocorrer numa área de outra cultura.

Com relação ao termo erva daninha, bastante utilizado, deveria ser evitado como termo geral, uma vez que implica em considerá-las como plantas herbáceas, o que não é totalmente verdadeiro. Pelo menos 20% das espécies daninhas não são herbáceas, sendo arbustivas ou até arbóreas, como a maioria das plantas daninhas de pastagens (LORENZI, 1995).

Deste modo uma planta só deve ser considerada daninha se estiver direta ou indiretamente prejudicando uma determinada atividade humana (Ex: interferência em culturas comerciais, plantas tóxicas em pastagens, etc.).

2.2.2 Espécies de Plantas Daninhas estudadas

Digitaria horizontalis Willd.

É uma planta nativa das regiões tropicais da América, onde na costa ocidental, é a espécie mais frequente de *Digitaria*. Segundo Lorenzi (2000) é bastante comum no Brasil, conhecida nas diferentes regiões de ocorrência como: capim-colchão, milha, capim-milhã, capim-colchão-miúdo, capim-de-roça, capim-tinga, etc. É a espécie de *Digitaria* mais disseminada no país, ocorrendo geralmente em populações mistas com a espécie *Digitaria ciliaris*.

Pertencente à família Poaceae, o capim-colchão trata-se de uma planta anual herbácea, ereta ou decumbente, de 30-60 cm de altura, muito entouceirada e que se reproduz por semente, espalhando-se na área por enraizamento a partir de nós encontrados nos colmos, quando em contato com o solo. Têm preferência por solos de boa fertilidade, cultivados ou não, apresentando menor agressividade em solos menos férteis (KISSMANN, 1997).

Quando isolada ou em espaço aberto, tende a estender os ramos sobre o solo, em todos os sentidos, a partir da base, elevando apenas a parte terminal com a inflorescência. A altura fica geralmente entre 30 e 60 cm (DIAS et al., 2007).

Euphorbia heterophylla L.

É uma espécie de planta daninha originária da América tropical e subtropical (WINKLER et al., 2003). Conhecida popularmente como amendoim-bravo, leiteira (RS), parece-mais-não-é (PE), flor-de-poeta, adeus-brasil (RS), café-do-bispo (RS), leiteiro, café-do-diabo, mata-brasil, etc. A *Euphorbia heterophylla* L. é pertencente à família Euphorbiaceae, trata-se de uma planta anual, ereta, herbácea, leitosa, de folhas muito variáveis, com caule glabro ou variavelmente pubescente, de 30-80 cm de altura, é nativa do Continente Americano, e propaga-se por sementes (LORENZI, 2000).

Ela é pode ser encontrada em lavouras de diversas culturas, é também a planta daninha mais temida pelos plantadores de soja devido a dificuldade de controle (WILSON, 1981). O fruto é uma cápsula trilocular, com uma semente por lóculo. Suas sementes germinam durante o verão, emergindo de até 12 cm de profundidade e mantendo sua viabilidade germinativa por alguns anos, quando as sementes estão maduras, a cápsula se rompe de maneira explosiva,

2.3 Competição entre plantas daninhas e culturas

Para germinar, crescer, reproduzir, e assim completar seu ciclo de vida, toda planta necessita de água, luz, calor, gás carbônico, oxigênio e nutrientes minerais em quantidades adequadas. À medida que a planta se desenvolve, esses fatores do ambiente podem se tornar limitados, agravados pela presença de outras plantas no mesmo espaço, que também lutam pelos mesmos fatores de crescimento, ocasionando, assim, uma relação de competição entre plantas vizinhas, sejam da mesma espécie ou de espécies diferentes (SILVA e SILVA, 2007).

De acordo com Souza (2009) para se estudar a competição culturas x plantas daninhas, deve-se levar em consideração alguns fatores, tais como: espécie da planta daninha, distribuição na área, duração da competição, densidade de infestação, espécie da cultura e estágio de desenvolvimento.

Desta forma, compreende-se que, numa situação de competição, ambos os indivíduos são prejudicados. Nos ecossistemas agrícolas, as plantas daninhas, na maioria dos casos, levam vantagem competitiva sobre as plantas cultivadas, pois nos programas de melhoramento genético tem-se procurado desenvolver cultivares que, com pequeno porte e pouco crescimento vegetativo, apresentem grande acúmulo de material em sementes, frutos, tubérculos ou outras estruturas vegetais de interesse econômico; quase sempre esse acréscimo na produtividade econômica da espécie cultivada é acompanhado por decréscimo no potencial competitivo (PITELLI, 1985; SILVA et al., 2006).

A interferência negativa imposta pela presença das plantas daninhas que infestam as áreas cultivadas é um dos pontos mais críticos no processo produtivo da cana-de-açúcar. Essas plantas podem competir por recursos limitantes do meio, e/ou liberar substâncias alelopáticas e assim inibir a brotação da cana-de-açúcar, hospedar pragas e doenças comuns à cultura ou, ainda, interferir no rendimento da colheita, dificultando as operações mecanizadas, por exemplo, (PITELLI 1985; KUVVA et al., 2000).

2.3.1 Competição hídrica

Em grande parte das situações de cultivo, a água tem-se mostrado o recurso mais limitante ao crescimento e à produtividade das culturas (BEGG e TURNER, 1976). A área explorada pelo sistema radicular, a eficiência no uso da água e a capacidade de extração da água do solo determinam a capacidade competitiva de uma planta por esse recurso.

Estudos anteriores demonstram que características morfológicas e fisiológicas das plantas em geral, determinam suas habilidades competitivas pela água do solo (GRIFFIN et al., 1989; PROCÓPIO et al., 2004). Algumas características, como o volume explorado pelas raízes, a menor suscetibilidade às intempéries climáticas, como veranico e geadas, e a maior capacidade de produção e liberação de substâncias químicas, com propriedades alelopáticas, têm sido consideradas ferramentas importantes destas plantas na competição com as espécies cultivadas (SILVA et al., 2000).

Nos casos de competição hídrica, uma importante característica das plantas cultivadas, frente ao déficit causado pelas plantas daninhas, é a eficiência no uso da água (EUA). Essa

que é caracterizada como a quantidade de água transpirada por uma planta para a produção de certa quantidade de matéria seca (SILVA et al., 2007).

A eficiência no uso de água está diretamente relacionada ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO₂, a água é perdida pela transpiração, com intensidade variável, dependendo do gradiente de potencial hídrico entre a superfície foliar e a atmosfera (CONCENÇO et al., 2009).

Segundo Baptista et al. (2001) e Borges et al. (2010), uma maior ou menor EUA é uma característica intrínseca da planta, desse modo, a escolha de cultivares ou variedades que apresentem maior EUA, implicam em uma maior capacidade de competir por água, sendo uma alternativa para minimizar perdas de produtividade da cultura em função da presença de plantas daninhas que intensificam a competição hídrica.

Há constatação de que a planta daninha *Bidens pilosa* é capaz de extrair água do solo em tensões três vezes maiores do que as alcançadas pela soja e pelo feijão (PROCÓPIO et al., 2004). A razão da sua elevada capacidade de sobrevivência com pouca água no solo pode estar relacionada com o fato de que, na fase inicial de seu desenvolvimento, esta espécie transloca grande parte de fotoassimilados para a produção de raízes (baixa relação parte aérea/raiz), as quais promovem, em fases posteriores, maior exploração do solo em busca de água (PROCÓPIO et al., 2002).

Outros estudos demonstraram que, plantas do gênero *Brachiaria* destacam-se como importantes plantas daninhas que competem por água com a cana-de-açúcar (OLIVEIRA e FREITAS, 2008). Estima-se que a cada 37 kg ha⁻¹ de matéria seca acumulada pela *Brachiaria decumbens* ocorre a perda de produtividade de 1 tonelada ha⁻¹ de colmos de cana-de-açúcar (KUVA et al., 2003).

2.3.2 Competição Nutricional

No agronegócio da cana-de-açúcar, os fertilizantes são considerados um dos insumos de maior importância, principalmente em função da capacidade que estes possuem em influenciar a produtividade desta cultura.

Segundo Procópio (2004), dentre os fatores de competição entre as plantas cultivadas e as plantas daninhas, os nutrientes, principalmente nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), mostram-se de grande importância na compreensão do déficit de produção das culturas agrícolas. Embora atualmente se tenha grande volume de conhecimento e avanços tecnológicos a respeito da nutrição mineral de espécies cultivadas, a carência de estudos sobre a nutrição mineral das plantas daninhas, que infestam as lavouras brasileiras, prejudica o entendimento dos fatores que influenciam na competição por nutrientes entre as plantas cultivadas e as plantas daninhas.

Em áreas onde ocorrem altas densidades de plantas daninhas, Patterson (1995) e Procópio (2005) apontam que a aplicação de fertilizantes, frequentemente, beneficia mais as plantas daninhas do que as próprias culturas.

Em estudo desenvolvido por Patterson (1995) ficou evidenciado que boa parte das plantas daninhas em áreas com disponibilidade ótima de nutrientes acumula estes em concentrações acima da necessária para o seu desenvolvimento.

Desta forma não seria correto corrigir deficiências nutricionais das culturas, ocasionadas pela competição com plantas daninhas, simplesmente pelo incremento nas aplicações de fertilizantes (RADOSEVICH et al., 1996). Assim, o manejo de fertilizantes em sistemas agrícolas representa um importante componente em programas de manejo integrado de plantas daninhas (BLACKSHAW et al., 2003). Estes por sua vez, podem ser usados para alterar as relações de competitividade, favorecendo as espécies cultivadas, desde que as espécies competidoras apresentem respostas diferenciadas à aplicação dos nutrientes (ARMSTRONG et al., 1993).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento e material vegetal

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CECA/UFAL), da Universidade Federal de Alagoas, localizado no município de Rio Largo (09° 27' 58,7'' S, 035° 49'33,1'' W e 135 m de altitude), Estado de Alagoas.

Foram utilizadas quatro variedades comerciais de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) obtidas junto ao programa de melhoramento genético da cultura (PMGCA/CECA/UFAL) e utilizadas em larga escala em cultivos comerciais (RB867515, RB92579, RB931011 e RB98710). Além disso, as variedades foram escolhidas quanto à velocidade de crescimento inicial, sendo RB867515 e RB931011 consideradas de crescimento inicial rápido, sendo estas de ciclo tardio e RB92579 e RB98710 de crescimento inicial lento, de ciclo médio e precoce, respectivamente. Quanto às plantas daninhas foram utilizadas duas espécies de grande relevância em diversas culturas na agricultura nacional, sendo elas uma dicotiledônea, a *Euphorbia heterophylla* L. (Leiteira ou Amendoim-bravo) e uma monocotiledônea, a *Digitaria horizontalis* Willd. (Capim-colchão ou Capim-milhã).

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente ao acaso com arranjo fatorial. Sendo quatro variedades de cana-de-açúcar x três condições de competição (ausência de competição, competição com *D. horizontalis* e competição com *E. heterophylla*) + plantas daninhas sem a cultura, perfazendo 14 tratamentos, com 5 repetições.

3.3 Instalação do experimento

O solo utilizado no experimento foi peneirado e solarizado por um período de aproximadamente 45 dias. A solarização do solo baseia-se no aproveitamento da energia solar por intermédio de um filme de plástico transparente segundo Katan et al. (1976), de espessura reduzida, que se coloca sobre a superfície do solo previamente umedecido, durante os meses mais quentes do ano, por um período de 20 a 60 dias de acordo com Katan e DeVay (1991), provocando uma elevação da temperatura do solo e destruindo os propágulos dos agentes patogênicos e eventual banco de sementes de plantas espontâneas ocorrentes. Após esta fase,

o solo foi destorroado com o auxílio de enxada e acondicionado em vasos com capacidade de 15 kg de solo, previamente pintados com a cor alumínio fosco, de forma a minimizar o estresse térmico nas plantas, ocasionado pelo aquecimento dos vasos em função da absorção da radiação (BELTRÃO et al., 2002; GONÇALVES, 2008).

Baseado nas análises química e física do solo realizou-se a adubação de NPK, de acordo com a recomendação para cana-planta, conforme Cavalcanti et al. (2008), utilizando-se 5g da fórmula comercial 15-15-18.

O material vegetal utilizado para plantio consistiu de rebolos de cana-de-açúcar com uma gema cada. Para garantir o estabelecimento e a homogeneidade das plântulas os rebolos foram semeados em caixas plásticas contendo como substrato a mistura de solo, fibra de coco e torta de filtro (proporção 2:2:1). Aos 14 dias após o plantio (DAP) as plantas foram transferidas para os vasos e mantidas em casa-de-vegetação. Uma semana após o transplantio das variedades de cana-de-açúcar as sementes das plantas daninhas foram semeadas, sendo utilizadas dez sementes por vaso, desbastando-se após a germinação para garantir a densidade de 3 plantas/vaso, representando 10 plantas/m².

3.4 Condições ambientais

Durante o período experimental os dados meteorológicos foram registrados a cada 15 minutos, em uma estação meteorológica automática (Weather Station) modelo WS – GP1 (AT DELTA – T Devices, Cambridge – England) localizada no interior da casa-de-vegetação, os quais foram coletados e, posteriormente, transformados para dados horários e calculados as medias diárias (Anexo 2).

3.5 Análises fisiológicas

3.5.1 Análise de crescimento e Área foliar

A partir do sétimo dia sob competição (DSC), foram realizadas medições semanais, nas plantas de cana-de-açúcar, determinando-se a área foliar, número de folhas verdes (fotossinteticamente ativas), diâmetro do colmo, altura de plantas e intensidade de verde foliar (leituras SPAD). Esta última também foi avaliada nas plantas daninhas.

Para determinação da área foliar utilizou-se o método de Hermann e Camara (1999), determinando-se o comprimento e a largura do terço médio da folha +2 e contando-se o número de folhas verdes, os quais foram aplicados a seguinte fórmula:

$$AF = C \times L \times NFV \times 0,75 \quad (1)$$

Onde:

AF = área foliar em cm²;

C = comprimento do limbo foliar em cm;

L = largura do terço médio do limbo foliar em cm;

NFV = número de limbos foliares que apresentavam 75% de área foliar verde; e

0,75 = fator de correção para gramíneas.

O diâmetro do colmo foi medido com paquímetro digital, na base do mesmo (rente ao solo). A altura de plantas foi determinada com o auxílio de trena métrica, medindo-se a distância do colo até a altura da inserção (lígula) da folha +1.

As medidas referentes à intensidade de verde foliar foram determinadas com auxílio do SPAD-502 (Minolta Corporation, Ramsey, USA), sendo as médias obtidas a partir de 5 leituras no terço mediano da folha +2, de cada planta principal de cana-de-açúcar, e 10 leituras aleatórias em folhas totalmente expandidas nas plantas daninhas. Nas variedades de cana-de-açúcar as leituras semanais iniciaram-se aos 27 DAP, o mesmo critério foi adotado para as espécies de plantas daninhas, isto em função das folhas das espécies em estudo neste período apresentarem folhas totalmente expandidas e fotossinteticamente ativas.

3.5.2 Teores de pigmentos fotossintéticos

No ato da coleta, para determinação dos teores de clorofilas (*a*, *b* e *total*) e de carotenóides, através do método de extração com acetona (HENDRY e GRIME, 1993), foram coletadas amostras de 50 mg de tecido foliar fresco, retirados do terço mediano da folha +2 da planta principal de cana-de-açúcar e de folhas aleatórias totalmente expandidas nas plantas daninhas. O material vegetal foi picotado de maneira homogênea, colocado em tubos de ensaio com tampa rosqueável, contendo 5 mL de acetona a 80% (v/v) e protegidos da luz com

papel alumínio. Para extração, os tubos permaneceram em refrigerador a 4 °C por 72h, sendo em seguida submetidos a agitação constante por 20 segundos durante as 72h. Após este período, foram determinadas as absorbâncias a 480, 645 e 663 nm, em espectrofotômetro modelo Genesys 10UV Scanning da marca Thermo Scientific.

Os teores de pigmentos fotossintéticos foram calculados pelas seguintes fórmulas:

$$\text{Clorofila } a = \frac{(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) \times V}{MF} \text{ (mg g}^{-1} \text{ MF)} \quad (2)$$

$$\text{Clorofila } b = \frac{(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) \times V}{MF} \text{ (mg g}^{-1} \text{ MF)} \quad (3)$$

$$\text{Clorofila Total} = \frac{(8,02 \times A_{663} + 20,2 \times A_{645}) \times V}{MF} \text{ (mg g}^{-1} \text{ MF)} \quad (4)$$

$$\text{Carotenóides} = \frac{(A_{480} + 0,114 \times A_{663} - 0,638 \times A_{645}) \times V \times 10^3}{MF} \text{ (}\mu\text{mol g}^{-1} \text{ MF)} \quad (5)$$

Onde:

A_{480} , A_{663} e A_{645} = absorbâncias em 480, 663 e 645 nm, respectivamente;

V = volume de acetona a 80% usado na extração;

MF = peso da matéria fresca da qual foi extraída a clorofila.

Essas variáveis foram determinadas para as plantas de cana-de-açúcar e plantas daninhas, onde cada repetição foi quantificada em duplicata.

3.6 Eficiência no Uso da Água (EUA) e Coeficiente Transpiratório (CT)

Antes da imposição dos tratamentos determinou-se a capacidade de campo (CC) pelo método de campo segundo Kiehl (1979), onde o solo foi umedecido durante um período de 12 horas por capilaridade até a saturação. A partir de então, os vasos foram cobertos com plástico-filme, onde foram submetidos à livre drenagem por um período não inferior a 20

horas. Considerou-se como CC, o conteúdo de água no solo após a livre drenagem, através da pesagem do vaso com solo antes e após estabilização da drenagem, até que esta cessasse.

Para a determinação das variáveis EUA e CT os vasos foram pesados a cada dois dias com o auxílio de uma balança digital de capacidade máxima de 30 kg, tendo a massa sido corrigida de acordo com a disponibilidade de água do solo e CC previamente estabelecida.

A eficiência no uso da água foi determinada da seguinte forma:

$$\text{EUA} = \text{g de matéria seca produzida/g de H}_2\text{O de utilizada} \quad (6)$$

O Coeficiente transpiratório que correlaciona a água transpirada com a biomassa seca produzida foi determinado através da seguinte relação:

$$\text{CT} = \text{volume de H}_2\text{O transpirada em mL/produção de biomassa seca, em g} \quad (7)$$

A Eficiência no Uso da Água, bem como o Coeficiente Transpiratório foram determinados segundo equações descritas em Silva e Silva (2007).

A correção do volume de água perdido por evaporação foi realizada através da pesagem de vasos contendo apenas o substrato, com cinco repetições, onde de posse desses valores coletados a cada dois dias, através da pesagem dos vasos e correção da disponibilidade hídrica até atingir a CC pré-estabelecida no início do experimento, efetuou-se o cálculo do volume de água transpirada em cada tratamento durante o período avaliado.

3.7 Coleta do experimento

Aos 95 DAP, portanto aos 74 dias sob competição (DSC), quando as plantas daninhas apresentaram sinais de senescência foliar, foi encerrado o experimento, coletando-se as plantas de cana-de-açúcar e plantas daninhas, separando-as em parte aérea e raízes. Nos tratamentos onde houve competição (planta daninha + cana-de-açúcar) não foi possível fazer a separação das raízes.

O material vegetal coletado foi levado à estufa com sistema de circulação de ar quente forçado, à temperatura de 65° C até atingir peso constante, que ocorreu após 72 horas. Depois

da secagem em estufa, foram obtidas a matéria seca da parte aérea e das raízes, com o auxílio de balança digital semi-analítica. A massa seca das raízes, nos tratamentos onde ocorreu competição entre as plantas de cana-de-açúcar e as espécies de plantas daninhas foi determinada por vaso, uma vez que, como dito anteriormente, impossibilitou-se a separação das raízes.

3.8 Determinação dos teores de nitrogênio total; fósforo; potássio e sódio

Para análise química do material vegetal e realização das análises laboratoriais, o material vegetal (parte aérea) passou pelo processo de moagem em moinho do tipo Wiley. Esta operação teve por objetivo diminuir a granulometria do material vegetal, tornando-o adequado para a digestão e obtenção do extrato vegetal.

Para quantificar os teores de N, P, K e Na no material vegetal, este foi digerido utilizando-se ácido sulfúrico (H_2SO_4) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (THOMAS et al., 1967).

Os teores de K e Na foram analisados por fotometria de chama, utilizando-se um equipamento DIGIMED DM-62 (Embrapa, 1999). Os de teores de P por colorimetria, utilizando-se um equipamento Espectrofotômetro FEMTO 600 S, segundo metodologia descrita em Murphy e Ryley (1962), e de N total, pelo método de Kjeldahl, por destilação com arraste de vapor, utilizando-se um equipamento destilador TECNAL TE 0363 (BREMNER e MULVANEY, 1982).

3.9 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste Tukey, com $P < 0,05$ conforme Ferreira (2000) pelo programa estatístico ASSISTAT (SILVA, 2012). Os dados referentes às variedades de cana-de-açúcar e espécies de plantas daninhas, representados pelas variáveis: matéria seca da parte aérea, teores de pigmentos fotossintéticos e determinação de nutrientes, foram analisados em todos os tratamentos. Para as variáveis: eficiência do uso da água, coeficiente transpiratório e razão raiz/ parte aérea, utilizou-se apenas os tratamentos onde não ocorreu competição entre as espécies em estudo. Para os dados de acompanhamento durante o período experimental

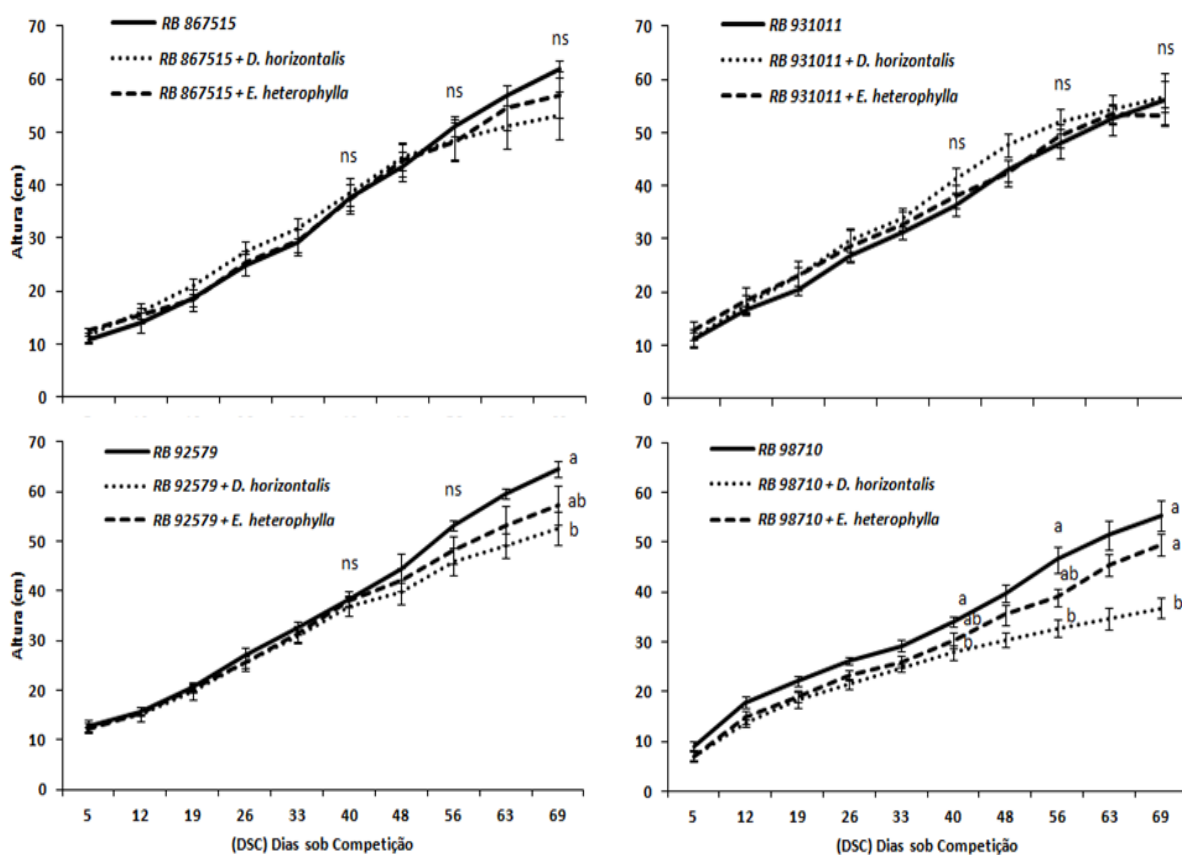
calculou-se o erro padrão da média, sendo eles: área foliar; número de folhas; diâmetro do colmo; altura de plantas e leituras SPAD.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de crescimento

Ao final do experimento, a altura de plantas sofreu reduções significativas em duas (RB92579 e RB98710) das quatro variedades de cana-de-açúcar, quando submetidas à competição com a espécie de planta daninha *Digitaria horizontalis*, sendo a maior redução observada na RB98710 que reduziu a sua altura em 33,57%, enquanto que a variedade RB92579 apresentou redução de 18,58%, em relação ao tratamento controle (Figura 1).

Figura 1 - Altura de plantas (cm) de quatro variedades de cana-de-açúcar, submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. As barras representam o valor do erro padrão da média.



ns = não significativo;

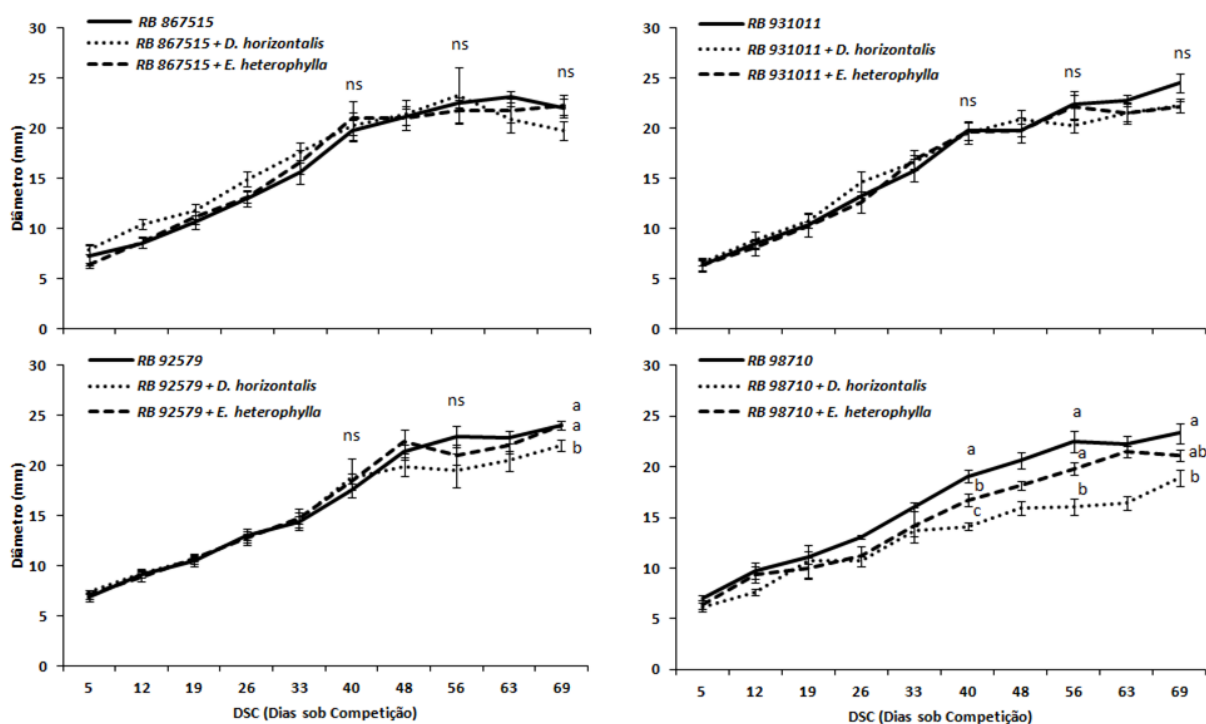
Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2012

No entanto essas reduções foram menos pronunciadas quando houve a imposição de situação competitiva entre as variedades de cana-de-açúcar e a *Euphorbia heterophylla*, quando RB867515, RB931011, RB92579 e RB98710, reduziram sua altura final em 7,75%; 5,34%; 11,15% e 10,83% respectivamente, as quais não foram estatisticamente significativas (Figura 1).

O diâmetro do colmo também foi afetado negativamente pela competição (Figura 2), nas variedades RB92579 e RB98710 quando submetidas ao estresse competitivo com *D. horizontalis*, onde as mesmas reduziram seu diâmetro ao final do experimento em 10,52% e 19,06% respectivamente.

Figura 2 - Diâmetro do colmo (mm) de quatro variedades de cana-de-açúcar, submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. As barras representam o valor do erro padrão da média.



ns = não significativo;

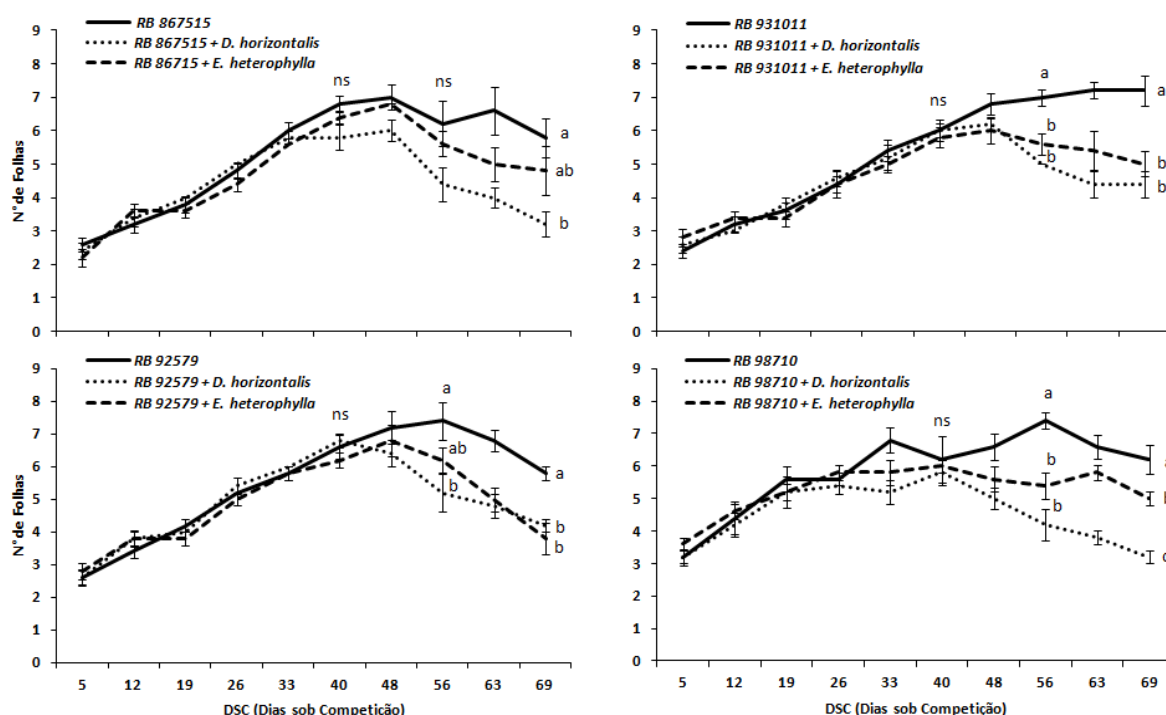
Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2012

Houve redução no número de folhas em todas as variedades de cana-de-açúcar por efeito da presença das plantas daninhas, (Figura 3). Aos 56 DSC apenas a variedade RB867515 não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Ao final do

experimento, a variedade RB98710 apresentou redução de 48,39% nesta variável, quando em competição com a *D. horizontalis*, seguida da variedade RB867515 que reduziu em 44,83%. As variedades RB931011 e RB92579 também sofreram reduções consideráveis em competição com esta espécie daninha (38,89% e 27,59%, respectivamente), em relação ao tratamento controle.

Figura 3 - Número de folhas de quatro variedades de cana-de-açúcar, submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. As barras representam o valor do erro padrão da média.



ns = não significativo;

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

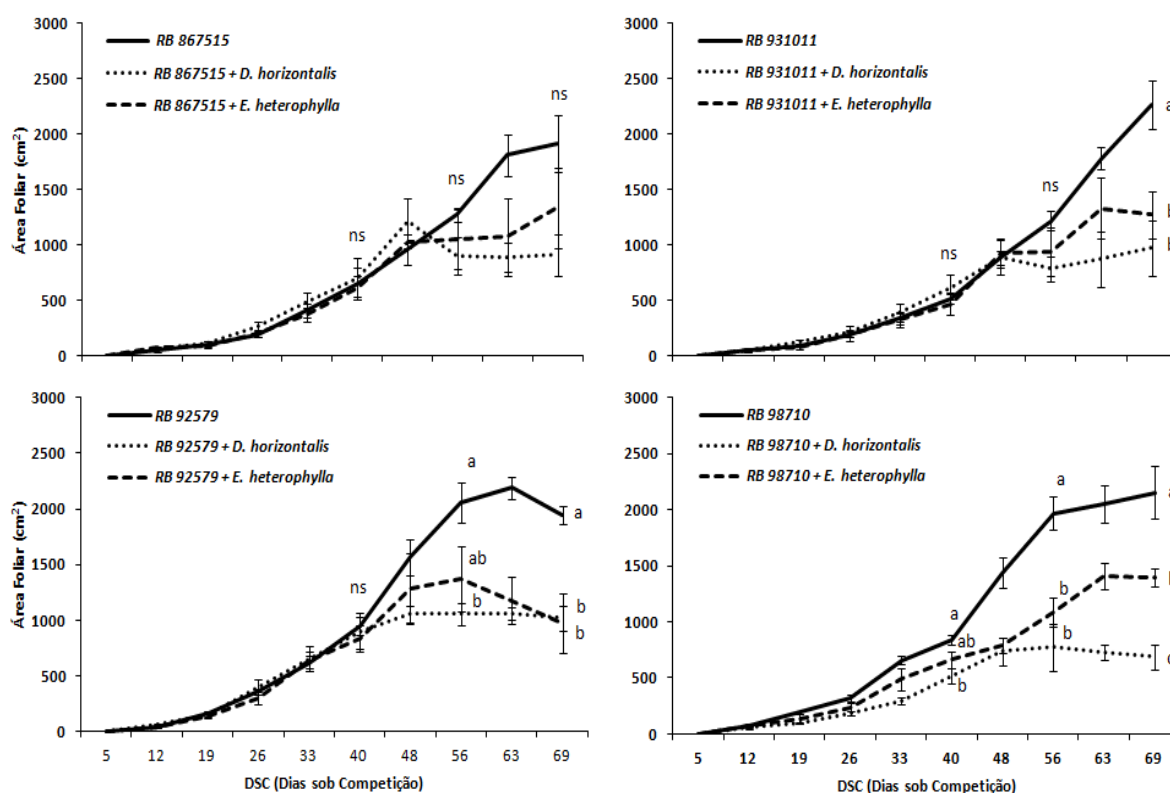
Fonte: Autor, 2012

Por outro lado, as variedades reduziram menos o número de folhas quando em competição com *E. heterophylla*. A variedade RB92579 apresentou redução de 34,48%, ao final do experimento, seguida de RB931011, RB98710 e RB867515, as quais reduziram o número de folhas em 30,56%, 19,35% e 17,24%, respectivamente, em relação ao tratamento controle.

Semanalmente avaliou-se também o desenvolvimento da área foliar das quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à competição com as espécies de plantas daninhas (Figura 4). Todas as variedades em estudo apresentaram redução considerável nesta variável.

Aos 40 DSC já se observou redução significativa da área foliar na variedade RB98710 e aos 56 e 69 DSC nas variedades RB92579 e RB931011, respectivamente. Para a área foliar a competição com *D. horizontalis*, causou as maiores reduções, com exceção da variedade RB92579, onde não houve diferença entre as duas espécies estudadas, apresentando redução média de 48,84%, ao final do experimento.

Figura 4 - Área Foliar (cm²) de quatro variedades de cana-de-açúcar, submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. As barras representam o valor do erro padrão da média.



ns = não significativo;

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2012

Nas demais variedades, a redução na área foliar ultrapassou 50% quando em competição com *D. horizontalis*. Esta redução foi de 52,51% para a RB 867515, de 57,17% para a RB931011 e de 68,07% para a RB98710, em relação às plantas livre de competição (controle). Para as mesmas variedades, a competição com *E. heterophylla* levou a reduções de 30,28%, 43,75% e 35,30%, respectivamente (Figura 4).

Estas reduções nas variáveis de crescimento refletem a limitação dos recursos do meio, impostas pela presença da planta daninha. Estudos avaliando estas variáveis são escassos na literatura. No entanto, trabalhos têm sido realizados em campo, a exemplo daquele de Kuva et al., (2001), os quais avaliaram a produtividade de cana-de-açúcar na variedade RB835089, sob competição, predominantemente com *Brachiaria decumbens*, e observaram que a presença da comunidade infestante até a colheita levou a perdas de 82% na produtividade da cultura.

A competição entre a espécie daninha corda-de-viola (*Ipomoea hederifolia*), sob condições de campo, e cana-de-açúcar variedade RB855536 no quinto ciclo produtivo, durante todo o ciclo, levou a redução de 34% no número de colmos/m² (SILVA et al., 2009).

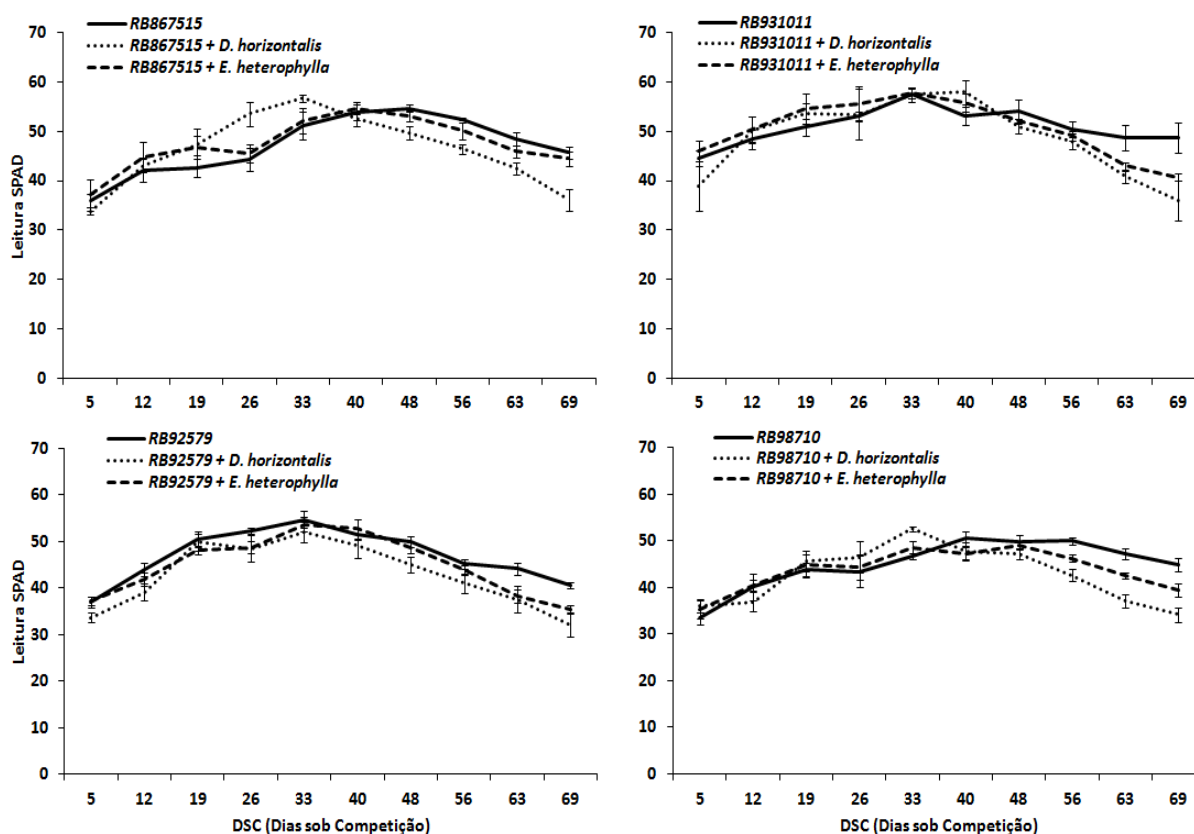
4.2 Teores de pigmentos fotossintéticos

Ao analisar a intensidade de verde na folha (leituras SPAD), o que é o indicativo do teor de clorofila, observou-se que, tanto a cana-de-açúcar quanto as espécies de plantas daninhas sofreram reduções desta variável quando submetidas à competição (Figuras 5 e 6).

De modo geral, os valores SPAD foram mais elevados para as variedades de cana-de-açúcar do que para as espécies de plantas daninhas. A competição com *D. horizontalis* levou à redução nos valores SPAD a partir dos 33 DSC para a RB92579, dos 40 DSC para RB867515 e dos 48 DSC para as variedades RB931011 e RB 98710. Essas reduções ao final do experimento foram da ordem de 20,75%, 20,93%, 26,17% e 23,91% para as variedades, na ordem citada. O efeito da competição com *E. heterophylla* foi menos acentuado, levando à redução máxima na leitura SPAD de 16,31% na variedade RB931011.

O índice SPAD determinado em *D. horizontalis*, quando cultivada em competição com as variedades de cana-de-açúcar, apresentou declínio a partir dos 40 DSC, o que representou visualmente o início do processo de senescência, uma vez que, neste período grande parte das plantas já havia emitido seus propágulos. Na última leitura (69 DSC) esta espécie apresentou na ausência de competição, valores menores de SPAD que os apresentados quando em competição com as variedades de cana-de-açúcar, ou seja, esta espécie apresentou uma maior velocidade no processo de senescência, sugerindo que completou mais rápido o seu biociclo na ausência de competição.

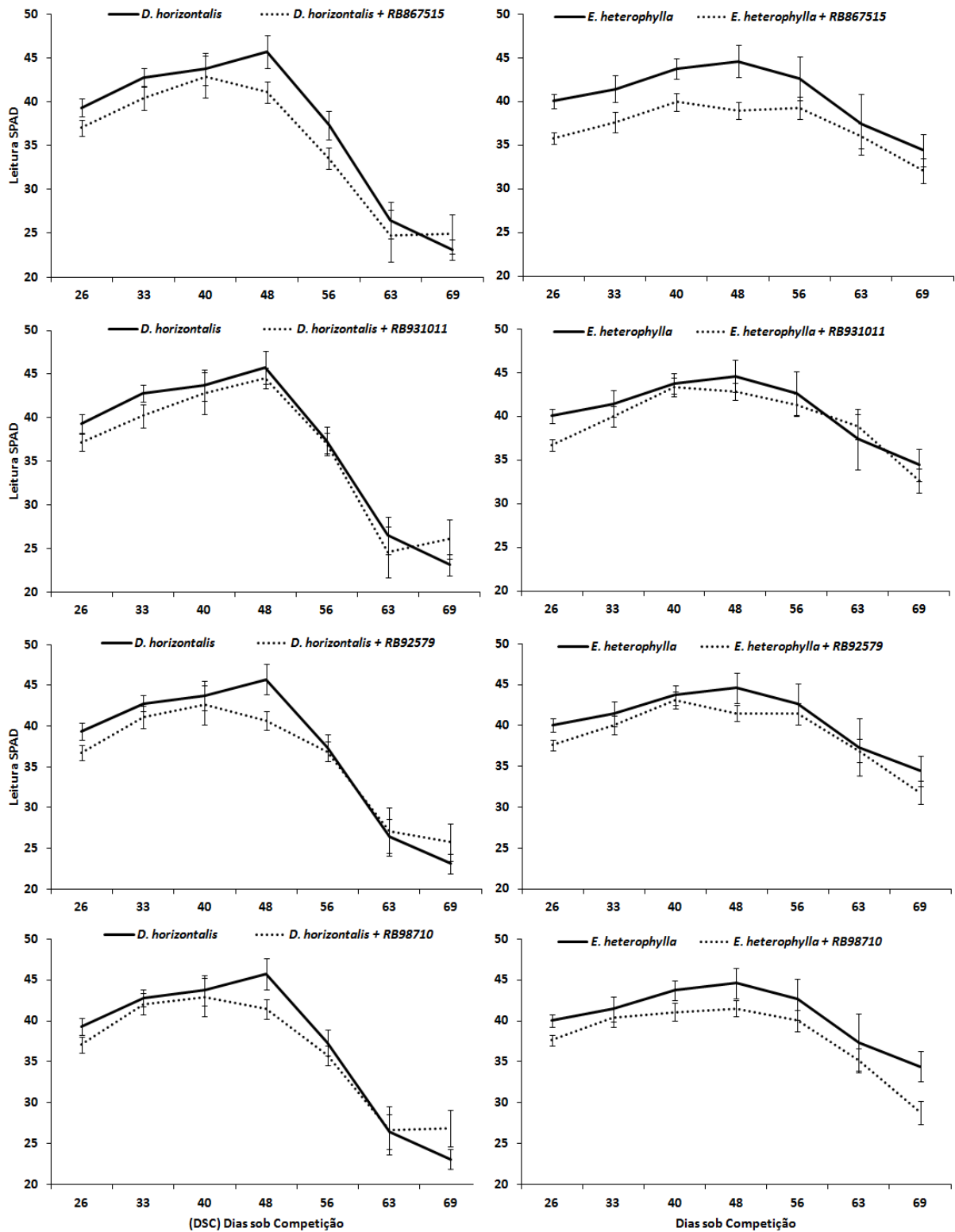
Figura 5 - Leitura SPAD em quatro variedades de cana-de-açúcar, submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas. As barras representam o valor do erro padrão da média.



Fonte: Autor, 2012

O índice SPAD determinado na espécie daninha *E. heterophylla* apresentou redução significativa, principalmente quando submetida aos tratamentos onde esta foi cultivada junto com as variedades de cana-de-açúcar, o que ficou evidenciado através do início do processo de senescência, observado através da redução nos valores das leituras, essa redução foi observada aos 40 DSC quando em competição com RB867515, RB931011 e RB92579, enquanto que na variedade RB98710 isto ocorreu aos 48 DSC.

Figura 6 - Leitura SPAD em duas espécies de plantas daninhas (*D. horizontalis* e *E. heterophylla*) submetidas à competição com quatro variedades de cana-de-açúcar. As barras representam o valor do erro padrão da média.



Fonte: Autor, 2012

O suprimento de água, bem como outros recursos disponíveis e essenciais para o desenvolvimento pleno das plantas, podem sofrer influências negativas quando as mesmas são submetidas ao processo de competição (RIZZARDI, et al.,2001). Sendo assim, em função da competição hídrica, há possibilidade do agravamento de uma competição nutricional já existente em função da presença da comunidade infestante e, conseqüentemente, isto provoca uma redução na intensidade de verde foliar, tanto nas plantas de cana-de-açúcar, bem como nas espécies de plantas daninhas, apresentados através das leituras instantâneas realizadas com o SPAD-502.

De acordo com os valores de F obtidos através da análise de variância para os teores de pigmentos fotossintéticos na cana-de-açúcar (Tabela 1), observou-se que a clorofila *a*, *b* e *total*, não sofreram efeito significativo de variedades (V). Para este mesmo fator houve efeito significativo na razão clorofila *a*/clorofila *b* e carotenóides, ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. No entanto, para o fator competição (C), todas as variáveis relacionadas aos pigmentos fotossintéticos sofreram efeito altamente significativo, a 1% de probabilidade. A interação entre os dois fatores (V x C), não apresentou qualquer efeito significativo, quanto aos teores de pigmentos fotossintéticos foliares.

Os valores de F para os teores de pigmentos fotossintéticos determinados nas espécies daninhas apresentou efeito altamente significativo a 1% de probabilidade para o fator espécies daninhas (ED). Para o fator competição (C) houve efeito significativo apenas para razão clorofila *a*/clorofila *b*. Não houve efeito significativo da interação entre os dois fatores sobre as variáveis relativas aos pigmentos fotossintéticos.

Os teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenóides foliares foram significativamente reduzidos em todas as variedades de cana-de-açúcar sob competição (Tabela 2). A competição com *D. horizontalis* causou reduções mais acentuadas nos teores destes pigmentos, a exemplo do que ocorreu com as variáveis de crescimento.

A razão Chl *a*/Chl *b* foi mais elevada nas variedades de cana-de-açúcar sob competição. Isso indica que a redução nas clorofilas, por efeito da competição, afetou mais a concentração de clorofila *b* do que de clorofila *a*.

As variedades diferiram entre si apenas para a razão Chl *a*/Chl *b* e teor de carotenóides. Sendo que para a primeira variável, a variedade RB92579 apresentou maior média, diferindo da RB98710. Com relação ao teor de carotenóides, a variedade RB931011 apresentou os maiores valores, diferindo de RB867515 e RB98710.

Tabela 1 - Valores de F obtidos da análise de variância para os teores de clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*), clorofila total (Chl Total), relação clorofila *a/b* (Chl *a*/Chl *b*) e carotenóides em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas submetidas à competição, cultivadas em casa-de-vegetação após 74 DSC (Dias sob Competição).

	FATORES	Pigmentos Fotossintéticos				
		Chl <i>a</i> (mg g ⁻¹ MF)	Chl <i>b</i> (mg g ⁻¹ MF)	Chl total (mg g ⁻¹ MF)	Chl <i>a</i> /Chl <i>b</i>	Carotenóides (μmol g ⁻¹ MF)
Cana-de-açúcar	Variedades (V)	2,70 ^{ns}	2,07 ^{ns}	2,51 ^{ns}	4,09 *	4,91 **
	Competição (C)	54,28 **	60,19 **	55,92 **	5,15 **	42,33 **
	V x C	0,35 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,40 ^{ns}	2,11 ^{ns}	0,56 ^{ns}
	CV (%)	21,53	22,33	21,63	7,09	17,99
Planta Daninha	Espécies	48,93 **	40,18 **	45,85 **	12,52 **	47,12 **
	Daninhas (ED)					
	Competição (C)	1,02 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,03 ^{ns}	3,01 *	1,79 ^{ns}
	ED x C	0,95 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,73 ^{ns}	1,49 ^{ns}
	CV (%)	35,32	35,12	35,48	6,68	28,2

ns, ** e * = não significativo, significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Autor, 2012

Os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides encontrados nas plantas daninhas, foram menores do que aqueles encontrados para as variedades de cana-de-açúcar. Dentre as duas espécies daninhas, a *D. horizontalis* apresentou valores inferiores para os teores dos pigmentos fotossintéticos. Avaliando-se os teores de clorofila *a*, *b* e total e de carotenóides, verificou-se que não houve diferença significativa entre as plantas isoladas ou sob competição com as variedades de cana-de-açúcar, para ambas as espécies (Tabela 3).

A razão Chl *a*/Chl *b* foi significativamente mais elevada na espécie *E. heterophylla*. Esse comportamento é frequentemente observado em plantas sujeitas à limitação de N e/ou

alta radiação, devido a mudanças na partição do N dentro do cloroplasto (KITAJIMA e HOGAN, 2003).

Tabela 2 - Teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *total*, relação clorofila *a/b* e carotenóides em quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas.

Variedades	S/ Competição	Competição c/ <i>D. horizontalis</i>	Competição c/ <i>E. heterophylla</i>	
Clorofila <i>a</i> (mg g⁻¹ MF)				Média
RB867515	3,93	1,84	3,09	2,95 a
RB92579	4,43	2,17	2,96	3,19 a
RB931011	4,88	2,30	3,61	3,60 a
RB98710	4,15	2,04	2,85	3,02 a
Média	4,35 A	2,09 C	3,13 B	
Clorofila <i>b</i> (mg g⁻¹ MF)				Média
RB867515	1,08	0,48	0,83	0,80 a
RB92579	1,26	0,59	0,75	0,87 a
RB931011	1,36	0,58	0,98	0,97 a
RB98710	1,22	0,56	0,83	0,87 a
Média	1,23 A	0,55 C	0,85 B	
Clorofila <i>total</i> (mg g⁻¹ MF)				Média
RB867515	5,01	2,32	3,92	3,75 a
RB92579	5,69	2,76	3,71	4,05 a
RB931011	6,24	2,88	4,59	4,57 a
RB98710	5,37	2,61	3,68	3,89 a
Média	5,58 A	2,64 C	3,97 B	
Clorofila <i>a</i>/Clorofila <i>b</i>				Média
RB867515	3,65	3,85	3,72	3,74 ab
RB92579	3,52	3,71	4,12	3,78 a
RB931011	3,60	3,97	3,70	3,76 a
RB98710	3,39	3,64	3,43	3,49 b
Média	3,54 B	3,79 A	3,74 A	
Carotenóides (μmol g⁻¹ MF)				Média
RB867515	1,10	0,64	0,97	0,90 b
RB92579	1,25	0,73	0,95	0,98 ab
RB931011	1,37	0,81	1,17	1,12 a
RB98710	1,20	0,68	0,84	0,91 b
Média	1,23 A	0,72 C	0,98 B	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2012

Tabela 3 - Teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *total*, relação clorofila *a/b* e carotenóides em duas espécies de plantas daninhas submetidas à competição com quatro variedades de cana-de-açúcar.

Plantas Daninhas	S/ competição	RB867515	RB92579	RB931011	RB98710	
	Clorofila <i>a</i> (mg g⁻¹ MF)					Média
<i>D. horizontalis</i>	0,91	0,84	1,24	1,02	0,79	0,96 b
<i>E. heterophylla</i>	1,76	2,20	1,85	2,37	1,78	1,99 a
Média	1,33 A	1,52 A	1,54 A	1,70 A	1,29 A	
	Clorofila <i>b</i> (mg g⁻¹ MF)					Média
<i>D. horizontalis</i>	0,30	0,28	0,42	0,38	0,28	0,33 b
<i>E. heterophylla</i>	0,55	0,69	0,61	0,76	0,58	0,64 a
Média	0,42 A	0,48 A	0,51 A	0,57 A	0,43 A	
	Clorofila <i>total</i> (mg g⁻¹ MF)					Média
<i>D. horizontalis</i>	1,20	1,12	1,65	1,40	1,07	1,29 b
<i>E. heterophylla</i>	2,31	2,89	2,40	3,13	2,36	2,62 a
Média	1,76 A	2,01 A	2,03 A	2,26 A	1,72 A	
	Clorofila <i>a</i>/ Clorofila <i>b</i>					Média
<i>D. horizontalis</i>	3,11	3,04	2,97	2,72	2,81	2,93 b
<i>E. heterophylla</i>	3,20	3,20	3,15	3,10	3,03	3,14 a
Média	3,15 A	3,12 A	3,06 A	2,91 A	2,92 A	
	Carotenóides (μmol g⁻¹ MF)					Média
<i>D. horizontalis</i>	0,43	0,43	0,58	0,50	0,41	0,47 b
<i>E. heterophylla</i>	0,71	0,87	0,75	1,03	0,75	0,82 a
Média	0,57 A	0,65 A	0,66 A	0,76 A	0,58 A	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2012

Os resultados obtidos demonstraram que, tanto as variedades de cana-de-açúcar, como as espécies de plantas daninhas apresentaram redução nos teores de pigmentos fotossintéticos, quando submetidas à competição, e tais reduções podem ser evidenciadas em estudos de estresse hídrico, estresse salino, ou até mesmo avaliando-se o efeito de diferentes doses de nutrientes, principalmente o nitrogênio e manganês, necessários à síntese de tais moléculas. Parida et al. (2007) estudando genótipos de algodão submetidos ao déficit hídrico, atribuiu a uma redução significativa no teor de clorofila *total*, alterações na proporção de proteínas e lipídeos do complexo pigmento-proteína, ou ainda devido ao aumento da atividade da clorofilase, enzima que degrada as moléculas de clorofila existentes.

Outros fatores como a redução no metabolismo da planta, a redução das atividades da enzima nitrato-redutase, oxidação das clorofilas no processo de senescência das folhas e translocação do nitrogênio para as outras partes da planta, acarretam em reduções nos teores dos pigmentos fotossintéticos (Drew, 1999; Larcher, 2004).

Sendo desta forma, a degradação da clorofila representa uma resposta, ou ainda melhor, uma consequência do estresse hídrico, segundo Long (1994). Ou seja, este causado por elevado teor de sais, baixos níveis de água disponível no solo, ou até mesmo a competição por este recurso natural no sistema entre culturas e plantas daninhas, evidenciado através da deficiência nutricional, com sintomas de clorose foliar associada a alterações nas moléculas da clorofila (Neves et al., 2005).

4.3 Massa Seca

Analisando-se a produção de matéria seca da parte aérea da cana-de-açúcar aos 95 DAP, verificou-se que houve efeito significativo dos fatores estudados e da interação entre estes (Tabela 4).

Os valores de F obtidos para massa seca da parte aérea das espécies de plantas daninhas indicaram efeito significativo a 1% de probabilidade apenas para o fator competição (C) e a 5% para o fator espécies daninhas (ED). Não houve interação significativa entre os fatores estudados (Tabela 4).

Nas condições controle, as variedades RB92579 e RB98710 apresentaram maior valor da massa seca da parte aérea, quando comparadas com as outras variedades estudadas (Tabela 5). No entanto, quando submetidas à competição com as espécies de plantas daninhas em estudo, estas foram também as variedades que apresentaram redução significativa na sua biomassa.

A variedade RB92579 sofreu redução na massa seca da parte aérea em função do estresse competitivo, não tendo apresentado diferença entre os danos causados por *D. horizontalis* (33,02%) e *E. heterophylla* (24,24%). Por outro lado, a variedade RB98710 mostrou-se a mais susceptível em competição com as espécies de plantas daninhas, apresentando as maiores reduções na biomassa da parte aérea, quando comparadas com o

tratamento controle, sendo estas de 59,41% para a competição com *D. horizontalis* e de 40,04% para *E. heterophylla*. As plantas daninhas também sofreram reduções em sua massa seca, quando em competição com as variedades de cana-de-açúcar, onde a *D. horizontalis* apresentou os valores mais baixos de biomassa seca (Tabela 6).

Tabela 4 - Valores de F obtidos da análise de variância para Massa Seca da Parte Aérea em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas submetidas à competição, cultivadas em casa-de-vegetação após 74 DSC (Dias sob Competição).

FATORES		Massa Seca da Parte Aérea
Cana-de-açúcar	Variedades (V)	6,61**
	Competição (C)	27,76**
	V x C	4,32**
	CV (%)	18,32
Planta Daninha	Competição (C)	6,59**
	Espécies Daninhas (ED)	5,92*
	C x ED	0,83 ^{ns}
	CV (%)	21,44

ns, ** e * = não significativo, significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Autor, 2012

Tabela 5 - Massa Seca da Parte Aérea de quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas.

Variedades	S/ Competição	Competição c/ <i>D. horizontalis</i>	Competição c/ <i>E. heterophylla</i>	Média
	Matéria Seca da Parte Aérea (g)			
RB 867515	74,64 bA	64,61 abA	62,56 aA	67,27
RB 92579	109,32 aA	73,22 aB	82,82 aB	88,45
RB 931011	79,96 bA	65,63 abA	70,81 aA	72,13
RB 98710	109,72 aA	44,54 bC	65,79 aB	73,35
Média	93,41	62,00	70,50	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2012

Tabela 6 - Massa Seca da Parte Aérea de duas espécies de plantas daninhas submetidas à competição com quatro variedades de cana-de-açúcar.

Plantas Daninhas	S/ Competição	RB 867515	RB 92579	RB 931011	RB 98710	Média
	Matéria Seca da Parte Aérea (g)					
<i>D. horizontalis</i>	77,33	48,23	50,69	60,34	59,25	59,17 a
<i>E. heterophylla</i>	58,83	37,03	48,75	57,27	53,32	51,04 b
Média	68,08 A	42,63 C	49,72 BC	58,81 AB	56,29 ABC	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2012

Estudos desenvolvidos para quantificação da matéria seca da parte aérea em cana-de-açúcar sob competição com plantas daninhas em diferentes épocas do ciclo desta cultura são escassos na literatura, em geral as pesquisas levam em consideração apenas a quantidade de colmo m^{-2} e a produtividade no momento da colheita da cana-de-açúcar. Em pesquisa realizada em campo desenvolvida por Kuva et al., (2001), os autores concluíram que a cada $3,70 \text{ g m}^{-2}$ de biomassa seca acumulada pelo capim-braquiária havia uma estimativa de redução na produtividade final da cana-de-açúcar da ordem de 1 t ha^{-1} .

Por outro lado, as espécies de plantas daninhas também apresentaram redução em sua biomassa seca, comparando-se as que cresceram isoladas com aquelas em competição com as variedades de cana-de-açúcar. Destacando-se a redução sofrida por *D. horizontalis* e *E. heterophylla*, quando cultivadas em sistema de competição com a variedade RB867515.

4.4 Teores de nitrogênio, fósforo e potássio

Avaliando-se os teores de nutrientes minerais nos tecidos foliares das variedades de cana-de-açúcar, observou-se que para o nitrogênio houve efeito altamente significativo apenas para o fator competição (C), para o fósforo houve efeito altamente significativo nos fatores isolados e da interação entre eles, e para o potássio houve efeito significativo a 5% de probabilidade para o fator variedades (V), e a 1% de probabilidade para o fator C, não havendo efeito significativo para a interação entre os fatores (Tabela 7).

Nas espécies de plantas daninhas, para o fator Competição (C), não houve qualquer efeito significativo sobre N, P ou K. Por outro lado, para o fator Espécies Daninhas (ED)

houve efeito altamente significativo a 1% de probabilidade, para todos os nutrientes estudados, não sendo observado qualquer efeito da interação entre os dois fatores estudados (C x ED) (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores de F obtidos da análise de variância para os teores de nitrogênio, fósforo e potássio em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas submetidas à competição, cultivadas em casa-de-vegetação após 74 DSC (Dias sob Competição).

FATORES		Teor de Nutrientes		
		N (g kg ⁻¹ MS)	P (g kg ⁻¹ MS)	K (g kg ⁻¹ MS)
Cana-de-açúcar	Variedades (V)	1,62 ^{ns}	8,44 **	3,80 *
	Competição (C)	31,02 **	37,24 **	15,66 **
	V x C	1,50 ^{ns}	4,93 **	1,15 ^{ns}
	CV (%)	19,31	13,38	14,97
Planta Daninha	Competição (C)	0,34 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,42 ^{ns}
	Espécies Daninhas (ED)	34,88 **	7,58 **	76,90 **
	C x ED	0,46 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,76 ^{ns}
	CV (%)	27,93	33,79	15,26

ns, ** e * = não significativo, significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Autor, 2012

Os resultados referentes aos teores de nutrientes demonstraram que algumas das variedades de cana-de-açúcar em estudo sofreram reduções consideráveis na quantidade de nutrientes da parte aérea, quando em competição com as duas espécies de plantas daninhas. De um modo geral, a espécie daninha que mais reduziu a absorção desses nutrientes foi a *D. horizontalis* (Tabela 8).

Em relação ao N, considerando as variedades na ausência de competição, observou-se que a RB931011 apresentou teores mais elevados deste nutriente. Também se observou que a competição com as espécies de plantas daninhas reduziu o teor de N em todas as variedades, onde em todas as variedades, os danos causados pela *D. horizontalis* foram maiores que aqueles causados por *E. heterophylla*.

Na condição controle, o teor de P foi mais elevado na variedade RB931011, diferindo de RB92579 e de RB98710. A competição com as plantas daninhas, independente da espécie, reduziu o teor foliar de P em todas as variedades exceto na RB98710.

TABELA 8 - Teores de nitrogênio; fósforo e potássio em quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à competição com duas espécies de plantas daninhas.

Variedades	S/ Competição	Competição c/ <i>D. horizontalis</i>	Competição c/ <i>E. heterophylla</i>	
	N (mg g ⁻¹)			Média
RB867515	12,46	7,85	9,96	10,09 a
RB92579	12,12	8,20	9,00	9,77 a
RB931011	15,24	8,02	9,46	10,91 a
RB98710	10,96	7,78	9,50	9,41 a
Média	12,70 A	7,96 C	9,48 B	
	P (mg g ⁻¹)			Média
RB867515	1,43 abA	0,92 bB	1,12 abB	1,16
RB92579	1,17 bA	0,84 bB	0,93 bB	0,98
RB931011	1,66 aA	0,92 bB	1,12 abB	1,23
RB98710	1,24 bA	1,19 aA	1,23 aA	1,22
Média	1,38	0,96	1,10	
	K (mg g ⁻¹)			Média
RB867515	25,12	18,98	21,74	21,95 a
RB92579	20,90	16,68	19,98	19,18 a
RB931011	26,22	17,34	21,30	21,62 a
RB98710	20,02	17,64	19,54	19,07 a
Média	23,07 A	17,66 C	20,64 B	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2012

Para o teor foliar de K, em todas as variedades houve redução causada pela competição com as plantas daninhas, porém apresentaram diferença estatística. A RB931011 e a RB867515 foram as variedade que mais acumularam este nutriente no tratamento controle, diferindo das variedades RB92579 e RB98710, as quais apresentaram as concentrações mais baixas deste nutriente no mesmo tratamento, nos demais tratamentos houve um pequeno destaque na variedade RB867515, sendo esta a variedade menos afetada em função da competição com as espécies de plantas daninhas em estudo, quanto ao teor de K nos tecidos foliares (Tabela 8).

Em relação às plantas daninhas observou-se, de maneira geral, que a espécie de planta daninha que apresentou os maiores teores de N e P foi a *E. heterophylla*, por outro lado a *D. horizontalis* constituiu os maiores teores de K e Na (Tabela 9).

Analisando os dados de forma mais detalhada, foi visto que, em todos os tratamentos a *E. heterophylla* destacou-se com um maior teor de N que a *D. horizontalis* (Tabela 9), apresentando diferença significativa a 1% de probabilidade, por outro lado não apresentando diferença nestas espécies em função dos tratamentos aplicados para este nutriente.

Para o teor de P, também não houve diferença significativa, entre os tratamentos, para as duas espécies, quanto à comparação entre uma espécie e outra, apenas no tratamento controle houve diferença significativa entre o maior acúmulo de P pela *E. heterophylla*, em relação à *D. horizontalis*.

TABELA 9 - Teores de nitrogênio; fósforo e potássio em duas espécies de plantas daninhas, submetidas à competição com quatro variedades de cana-de-açúcar.

Plantas Daninhas	S/ competição	RB867515	RB92579	RB931011	RB98710	
	N (mg g⁻¹)					Média
<i>D. horizontalis</i>	6,92	6,28	7,28	7,06	6,90	6,89 b
<i>E. heterophylla</i>	12,40	11,16	10,22	11,46	10,16	11,08 a
Média	9,66 A	8,72 A	8,75 A	9,26 A	8,53 A	
	P (mg g⁻¹)					Média
<i>D. horizontalis</i>	0,92	1,21	0,92	0,90	0,80	0,95 b
<i>E. heterophylla</i>	1,43	1,27	1,10	1,21	1,18	1,24 a
Média	1,18 A	1,24 A	1,01 A	1,06 A	0,99 A	
	K (mg g⁻¹)					Média
<i>D. horizontalis</i>	28,07	31,11	27,06	27,50	27,28	28,20 a
<i>E. heterophylla</i>	23,36	17,91	17,86	18,04	18,96	19,23 b
Média	25,72 A	24,51 A	22,46 A	22,77 A	23,12 A	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2012

Em relação ao teor de K, entre as espécies de plantas daninhas, houve maior destaque para a *D. horizontalis*, onde esta apresentou os maiores valores, observando-se diferença significativa, em relação a *E. heterophylla*. Apesar de demonstrar maior capacidade em absorver K cultivada isoladamente, a *D. horizontalis* continuou expressando este potencial, mesmo quando em competição com as variedades de cana-de-açúcar, como ocorreu quando esta foi submetida à competição com a variedade RB867515, sendo este o maior valor entre os tratamentos, diferente da *E. heterophylla* que apresentou uma ligeira redução quando

submetida a competição com as variedades de cana-de-açúcar, mesmo assim os teores apresentados pelas duas espécies daninhas, não apresentou diferença em função dos tratamentos aplicados para este nutriente. O teor de K em *D. horizontalis* foi maior que o apresentado por todas as variedades de cana-de-açúcar, apenas as variedades RB867515 e a RB931011 obtiveram valores aproximados, sendo que estas em tratamento controle.

Devido à grande variação no efeito seletivo dos recursos minerais do solo apresentada principalmente pelas diferentes espécies de plantas daninhas, observou-se que a competição por nutrientes depende, em alto grau, da quantidade e das espécies em questão, além da capacidade da cultura de suportar tal competição sem comprometer seu potencial produtivo, o que é bastante difícil em condições de campo. Uma vez que, dependendo do dano causado, este pode ser irreversível ao longo do ciclo da cultura, além disso, no campo as espécies daninhas demonstram maior plasticidade fenotípica adaptando-se às variações ambientais.

Na natureza o N é um dos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento. Confirmado em Shafiq et al. (1994), afirmando que, entre os nutrientes, a maior competição entre plantas daninhas e espécies cultivadas se dá justamente por N.

Estudos desenvolvidos por Souza et al. (1999), analisando os teores de nutrientes presentes na massa seca da parte aérea de 17 espécies de plantas daninhas, observaram maiores teores de P nas espécies *E. heterophylla* (0,70 dag kg⁻¹) e *B. pilosa* (0,47 dag kg⁻¹).

Mas não só o N figura entre os minerais competidos em maior quantidade pelas plantas nos agroecossistemas. Em pesquisa desenvolvida por Procópio et al. (2005) observou-se que a espécie daninha *Desmodium toruosum* é capaz de acumular até 2,4 vezes mais P por g de massa seca, comparada com a soja em mesma condição de recursos. Além disso, os autores observaram que *Bidens pilosa*, em competição com o feijoeiro, é capaz de formar três vezes mais matéria seca por unidade de P absorvida do solo, evidenciando elevada eficiência na utilização desse nutriente.

Resultados que diferem dos encontrados para cana-de-açúcar, onde a competição entre as variedades e as duas espécies de plantas daninhas representou de um modo geral uma redução em torno de 25% o acúmulo da cana-de-açúcar, em relação aos tratamentos

submetidos à competição, vale salientar que este montante representa um déficit apenas durante o período do experimento (crescimento inicial) podendo agravar-se em função de populações subsequentes das espécies daninhas, que apresentam ciclo menor que o da cultura.

Além do potencial para extrair nutrientes do solo, outras espécies são competidoras também na utilização desse recurso. *Bidens pilosa* e *E. heterophylla* apresentam maior eficiência na utilização do N absorvido no solo, comparadas com a soja e o feijão (PROCÓPIO et al., 2004).

Em pesquisa realizada por Pitelli et al. (1983), observou-se que plantas de *Cyperus rotundus* acumularam maior quantidade de P em sua massa seca da parte aérea (0,41 a 0,42 dag kg⁻¹) do que plantas de soja (0,20 a 0,22 dag kg⁻¹). Qasem e Hill (1993) encontraram maior concentração de P nos tecidos das plantas daninhas *Chenopodium album* e *Senecio vulgaris* do que em plantas de tomateiro.

Os valores elevados encontrados para o acúmulo de K na cana-de-açúcar, bem como nas espécies daninhas, principalmente na espécie *D. horizontalis*, indicam que havia alta disponibilidade deste nutriente, o qual é absorvido em grandes quantidades pelo sistema radicular vegetal. O K tem um importante papel no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos (MEURER, 2006).

4.5 Eficiência do uso de Água (EUA) e Coeficiente Transpiratório (CT).

Os resultados demonstraram que, as plantas daninhas estudadas apresentaram baixa eficiência no uso da água (EUA) (Figura 7A), porém possuem um potencial elevado de extrair água do solo, visto pelo seu alto coeficiente transpiratório (CT) (Figura 7B).

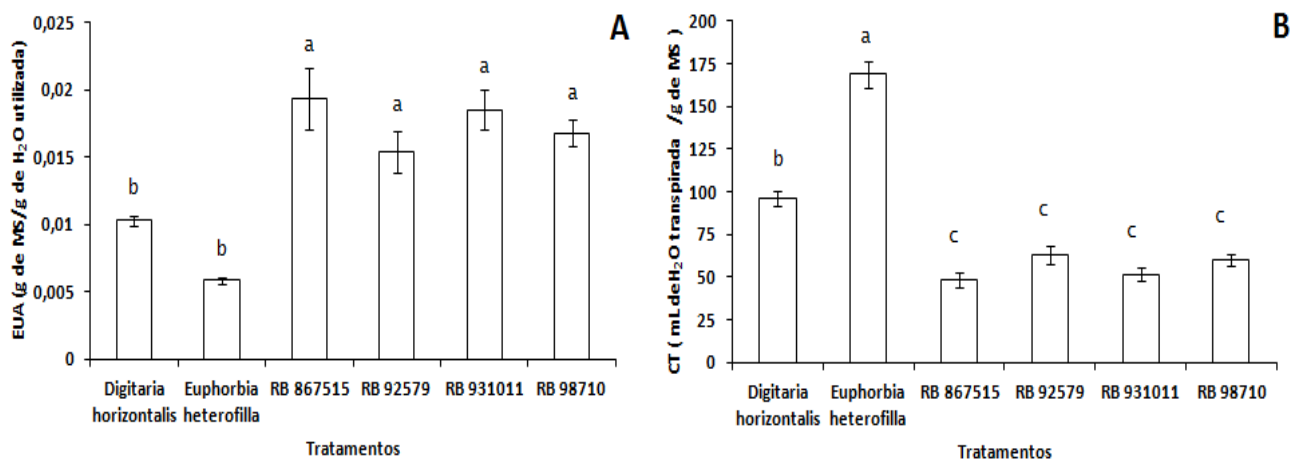
Em contrapartida, as variedades de cana-de-açúcar, apresentaram maior eficiência no uso de água, não havendo diferença significativa entre as mesmas.

Quanto ao CT a *E. heterophylla* apresentou elevada taxa transpiratória, seguida de *D. horizontalis*, evidenciando que apesar de não possuírem alto EUA, estas espécies apresentam elevado potencial competitivo, em relação ao recurso água no solo. Onde houve efeito

altamente significativo, a 1% de probabilidade entre os tratamentos, não havendo diferença significativa entre as variedades de cana-de-açúcar.

Durante o período de avaliação de uso de água pelas espécies daninhas e variedades de cana-de-açúcar que compreendeu 45 dias, observou-se que, as variedades de cana-de-açúcar que apresentam crescimento inicial rápido (Figura 8A), absorveram uma quantidade menor de água, em comparação com as variedades de cana-de-açúcar de crescimento inicial mais lento, o que provavelmente se deve às características de perfilhamento das variedades, em que RB867515 e RB931011 possuem perfilhamento médio, enquanto que as variedades RB92579 e RB98710 alto perfilhamento, originando assim uma maior ou menor transpiração e consequentemente utilização da água disponível. As plantas daninhas apresentaram picos de absorção de água mais elevados durante a maior parte da avaliação, principalmente pelo seu alto CT em relação às plantas de cana-de-açúcar (Figura 8B).

Figura 7 - Eficiência no Uso de Água [EUA] (A) e Coeficiente Transpiratório [CT] (B) em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas, As barras representam o valor do erro padrão da média. Letras iguais sobre as colunas indicam que as médias não diferem entre si.

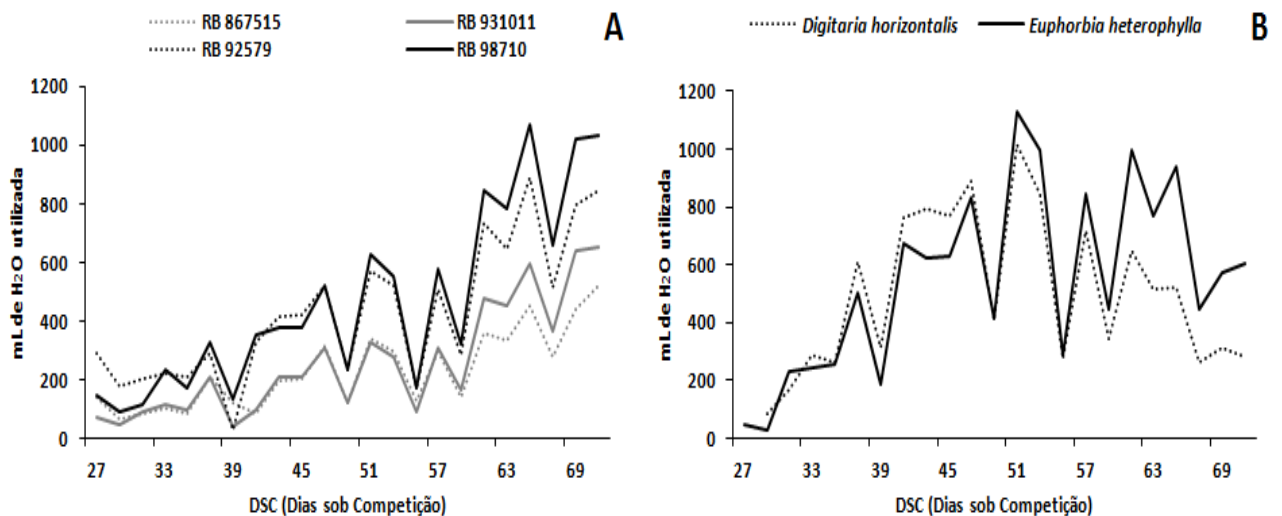


Fonte: Autor, 2012

O coeficiente transpiratório das diferentes espécies de plantas varia de 25 a 700 mL de H₂O g⁻¹ de MS. A maioria das culturas (feijão, soja, algodão, trigo etc.) apresenta coeficiente transpiratório entre 500 e 700, pois são espécies que realizam o metabolismo C₃ (plantas ineficientes) (SILVA et al., 2007). Segundo o mesmo autor, algumas culturas, como milho, sorgo e cana-de-açúcar e grande número de espécies daninhas (*Cyperus rotundus*, *Cenchrus*

echinatus, *Cynodon dactylon*, *Panicum maximun*, *Brachiaria plantaginea*, *D. horizontalis*, *Amaranthus retroflexus* etc.), por realizarem o metabolismo C_4 , apresentam um CT entre 150 e 350 mL de H_2O g^{-1} de MS.

Figura 8 - Quantidade de H_2O (mL) em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas, LEGENDA: Gráfico (A) RB867515 e RB931011 (Variedades que apresentam crescimento inicial rápido) e RB92579 e RB98710 (Variedades que apresentam crescimento inicial lento). Gráfico (B) *D. horizontalis*, *E. heterophylla*, durante um período de 45 dias, sob avaliações a cada 2 dias.



Fonte: Autor, 2012

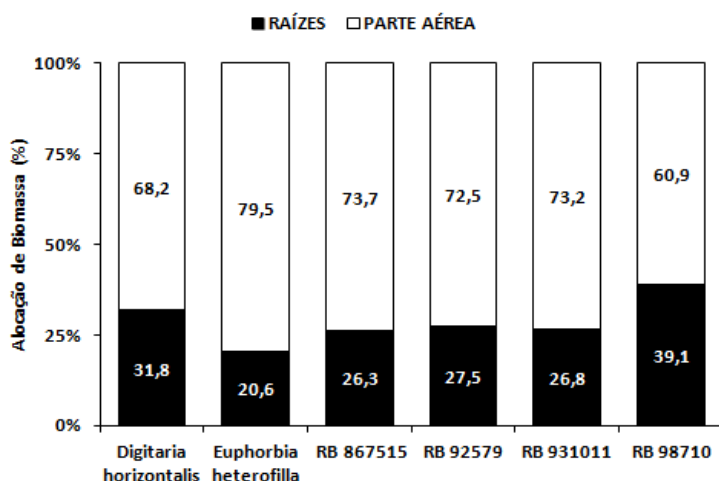
Estes valores citados na literatura são mais elevados do que foi visto para cana-de-açúcar, em seu estágio inicial de crescimento, e para a espécie daninha *D. horizontalis*, o que sugere que as variedades de cana-de-açúcar nesta fase possuem um CT mais baixo, em função de encontrarem-se no início da formação dos colmos, podendo elevar esse coeficiente ao longo de seu desenvolvimento. Além disso, boa parte do experimento foi realizada em período chuvoso, o que diminui o CT diário das plantas.

Vários fatores interferem na capacidade competitiva das espécies por água, destacando-se a taxa de exploração de volume do solo, determinada pela densidade de raízes; bem como características fisiológicas das plantas, como capacidade de remoção de água do solo, regulação estomática e capacidade das raízes de se ajustarem osmoticamente, e magnitude da condutividade hidráulica das raízes (RADOSEVICH et al., 1996).

As plantas podem apresentar diferentes valores de EUA ao longo do ciclo, podendo competir melhor por este recurso em diferentes estádios fenológicos da cultura. Segundo Floss, (2008) ao longo do ciclo plantas que conseguem realizar elevada taxa fotossintética transpirando pouca água são consideradas plantas eficientes no uso desse recurso.

A espécie daninha *E. heterophylla* apresentou maior CT durante o período de avaliação, provavelmente devido a menor razão raiz/parte aérea observada nessa espécie (Figura 9), diferente do que foi observado por Procópio et al. (2002) para *Bidens pilosa*, a qual investe grande parte de fotoassimilados para a produção de raízes (alta relação raiz/parte aérea) na fase inicial de seu desenvolvimento, onde estas raízes promovem em fases posteriores maior exploração do solo em busca de água.

Figura 9 - Relação Raiz/Parte Aérea em quatro variedades de cana-de-açúcar e duas espécies de plantas daninhas, 95 DAP (Dias Após o Plantio).



Fonte: Autor, 2012

5 CONCLUSÕES

O crescimento da cana-de-açúcar, avaliado pela altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas e área foliar, foi reduzido por efeito da competição com as espécies daninhas, sendo que, a *D. horizontalis* causou danos mais expressivos.

Houve redução nos teores de pigmentos fotossintéticos nas variedades de cana-de-açúcar submetidas à competição, sejam eles através das leituras SPAD, ou através da extração da clorofila, sendo a *D. horizontalis* a espécie que causou as reduções mais pronunciadas. Por outro lado a razão Chl *a*/Chl *b* não variou ou aumentou, sugerindo uma adaptação dos cloroplastos à limitação de N.

Em relação ao acúmulo de biomassa seca da parte aérea as variedades RB98710 e RB92579 mostraram-se mais susceptíveis à competição com as espécies de plantas daninhas.

As variedades de cana-de-açúcar sofreram reduções significativas em N, P e K foliar, sendo a variedade RB98710 a que apresentou menores reduções nutricionais, enquanto a RB 931011 mostrou-se mais vulnerável. Dentre as plantas daninhas, a *E. heterophylla* expressou maiores teores de N e P, enquanto a *D. horizontalis* superou-a nos teores de K.

Em relação à competição hídrica, apesar de todas as variedades de cana-de-açúcar apresentarem maior eficiência no uso deste recurso do solo, as plantas daninhas, principalmente a *E. heterophylla*, em função do elevado coeficiente transpiratório, podem limitar esse recurso para as plantas cultivadas.

REFERÊNCIAS

- AREVÁLO, R. A. **Matoecologia da cana-de-açúcar**. São Paulo: Ciba-Geisy, 1978. p. 16.
- ARMSTRONG, R. D. ; BROWN, R.F.; HELYAR, K.R. The use of nitrogen, phosphorus and lime to limit the competitive ability of *Aristida armata* in the establishment phase. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 44, p. 167-178, 1993.
- BACCHI, O. O. S. Cana-de-açúcar. **A Granja**, Porto Alegre, v. 42, n. 460, p. 32-40, 1986.
- BAPTISTA, J. M. et al. Programa nacional para o uso eficiente da água. Lisboa: **Instituto Superior de Agronomia**, 2001.
- BEGG, S. E. ; TURNER, N. C. Crop water deficits. **Advances in Agronomy**, v. 28, p. 161-217, 1976.
- BELTRÃO, N. E. DE M.; FIDELES FILHO, J. ; FIGUEIRÊDO, I. C. DE M. Uso adequado de casa-de-vegetação e telado na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 547-552, 2002.
- BLANCO, F. M. G. **Controle das plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/IXRifib/blanco.PDF>>. Acesso em: 20 set. de 2011.
- BLACKSHAW, R. E. et al. Differential response of weed species to added nitrogen. **Weed Science**, v. 51, p. 532-539, 2003.
- BORGES, E. T. et al. Uso da água de cana-de-açúcar em competição com braquiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto, 2010. **Anais...** Ribeirão Preto, 2010.
- BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen-total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Chemical and microbiological properties. Madison, ASA-SSSA, 1982. Part 2. p. 595-624.
- CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 3. ed. rev. Recife: IPA, p. 212, 2008.
- CHEENA, M. S.; AKTAR, M.; IQBAL, M. S. Evaluation of chemical, mechanical and manual weed control methods in cotton. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v. 11, n. 3-4, p. 47-50, 2005.
- CONCENÇO, G. et al. Uso da água por plantas híbridas ou convencionais de arroz irrigado. **Planta daninha**, v. 27, n. 3, p. 447-453, 2009.

COLUSSI, F. **Cultura de tecidos de *Euphorbia heterophylla* L.** Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006. p. 13-16.

CONSTANTIN, J. **Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência da *Brachiária decumbens* Stapf. com a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.).** Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993. p.98.

DANIELIS, J. ; ROACH, B. T. Taxonomy end evolution. In: HEINZ, D.J. **Sugarcane improvement though breeding.** New York: Elsevier, p. 84, 1987.

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**, v. 25, n. 2, p. 489-499, 2007.

DREW, M. C. Oxygen deficiency and root metabolism injury and acclimatation under hypoxia and anoxia. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 48, p. 223-250, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: EMBRAPA. Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia.** 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000.

FLOSS, E. **Fisiologia das plantas cultivadas:** o estudo que está por trás do que se vê. 4 ed. Passo Fundo: UPF, 2008.

GRACIANO, P. A. **Interferência e manejo de plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) intercalada com feijões *Phaseolus vulgaris* e *Vigna unguiculata* L. Walp.** Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, 1989.

_____; BARBOSA, G. V. S. Efeitos da matocompetição sobre a cultura da cana-de-açúcar – variedade Co 997. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 16., 1986, Campo Grande. **Resumos...** Campo Grande: SBHDE, 1986.

GRIFFIN, B. S. et al. The influence of water stress on the physiology and competition of soybean (*Glycine max*) and florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*). **Weed Science**, v. 37, p. 544-551, 1989.

HENDRY, G.; GRIME, J. **Methods in comparative plant:** a laboratory manual. London: Chapman & Hall, 1993.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Revista da STAB**, v. 17, p. 32-34, 1999.

HOLM, L. G. **The World's worst weeds**: distribution and biology, 1977.

JORNAL CANA. Dados e estatísticas. Disponível em:

<<http://www.canaweb.com.br/Conteudo/Conheca%20o%20Setor.asp>>. Acesso em: 1 fev. de 2012.

KATAN, J.; DEVAY, J. E. Soil Solarization: historical perspectives, principles and uses. In Soil Solarization, _____; DEVAY, J. E. (Ed.). Boca Raton: **Press**, 1991. p. 23-37.

_____. et al. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens. **Phytopathology**, v. 66, p. 683-688, 1976.

KIEHL, E. S. **Manual de edafologia**: relações solo - planta. São Paulo: Ceres, p. 262, 1979.

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

KITAJINA, K.; HOGAN, K. P. Increases of chlorophyll *a/b* ratios during acclimation of tropical woody seedling to nitrogen limitation and high light. **Plant, Cell and Environment**, v. 26, p. 857-865, 2003.

KUVA, M. A.; et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: 1. Tiririca. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2000.

_____. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: 2. Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 323-330, 2001.

_____. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana de açúcar: 3. Capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) e Capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3. ed. São Carlos: Rima, 2004.

LONG, S. P.; HUMPHRIES S.; FALKOWSKI, P. G., Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, n. 45, p. 633-662, 1994.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Preservação ambiental e produção de alimentos**. São Paulo: ANDA, 1991.

LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 1988, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1988. p. 281-301.

_____. Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: plantas daninhas na lavoura do nordeste brasileiro. In: ENCONTRO TÉCNICO GOAL, CANA-DE-AÇÚCAR, 1995, Recife. **Anais...** Recife: 1995.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 3. ed. Nova Odessa: Instituto plantarum, 2000.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

MELO, L. J. O. T. et al. Interação genótipo x ciclos de colheita de cana-de-açúcar da zona da mata norte de Pernambuco; **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.197-205, 2006.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 282-295.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A. A modified simple solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.

NEVES, O. S. C. et al. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 40, n. 5, p.517-521, 2005.

NOGUEIRA, L. A. H. **Análise do consumo de energia na produção de álcool de cana-de-açúcar**, Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1987.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.

PARIDA, A. K. et al. Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. **Plant Biotechnology Reports**, v. 1, p. 37-48, 2007.

PATTERSON, D. T. Weeds in a changing climate. **Weed Science**, v. 43, p. 685-701, 1995.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v. 120, n. 11, p. 16-27, 1985.

_____; DURIGAN, J. C.; BENEDETTI, N. J. Estudo de competição inter e intraespecífica envolvendo *Glycine max* (L.) Merrill e *Cyperus rotundus* (L.) em condições de casa de vegetação. **Planta Daninha**, v. 6, p. 129-137, 1983.

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

_____. et al. Absorção e utilização do nitrogênio pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas, **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 3, p. 365-374, 2004.

PROCÓPIO, S. O. et al. Absorção e utilização do fósforo pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, 2005.

_____. et al. Análise do crescimento e eficiência no uso da água pelas culturas de soja e do feijão e por plantas daninhas. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1345-1351, 2002.

_____. et al. Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2004.

QASEM, J. R.; HILL, T. A. Effects of the form of nitrogen on the growth and nutrient uptake of tomato, groundsel and fat-hen. **Journal of Horticultural Science**, v. 68, p. 161-170, 1993.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

RAMOS, P. A. F. de. **Comportamento da cana-de-açúcar SP 791011, submetida a diferentes épocas de plantio em duas condições edafoclimáticas**. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Água e Solo) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

RIDESA, Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba, 2010.

RIZZARDI, M. A. et al. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p.707-714, 2001.

ROLIM, J. C.; CHISTOFFOLETI, P.J. Período crítico de competição de plantas daninhas com cana planta de ano. **Saccharum APC**, v. 5, n. 22, p. 21-26, 1982.

SHAHID, M.; et al. Response of wheat and its weeds to different alleopathic plant water extracts. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v. 12, n. 1/2, p. 61-68, 2006.

SHAFIQ, M. et al. A. Crop yields and nutrient uptake by rainfed wheat and mungbean as affected by tillage, fertilization, and weeding. **Journal of Plant Nutrition**, v. 17, p. 561-577, 1994.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo integrado de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora da UFV, 2007.

_____. et al. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2000.

_____. et al. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2006.

SILVA, D. K. T. **Crescimento de cultivares de cana-de-açúcar em primeira soca na região nordeste do Paraná na safra de 2002/2003**. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SILVA, F. DE A. S. E. **Programa estatístico ASSISTAT, Versão 7.6 beta (2012)**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

SILVA, I. A. B.; et al. Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 265-272, 2009.

SILVA, M. A et al. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 3, p. 193-201, 2007.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA. **Dados de mercado**. Disponível em: <<http://www.sindag.com.br/noticia.php?>>>. Acesso em: 22 abr. 2012.

SOUZA, I. F. **Controle de plantas daninhas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras. Departamento de Agricultura. Setor de Plantas Daninhas, 2009.

SOUZA, L. S.; et al. Teores de macro e micronutrientes e a relação C/N de várias espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 17, p. 163 -167, 1999.

STEVENSON, G. C. **Genetics and breeding of sugar cane**. London: Longmans, 1965.

THOMAS, R. L.; SHEARRD, R. W.; MOYER, J. R. Comparasion of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, p. 240-243, 1967.

TOMAZ, M. A. **Guia de acompanhamento de aulas de manejo de plantas daninhas**. Alegre, 2011.

WILSON, A:K: *Euphorbia heterophylla*: a review of distribution, importance and control. **Tropical Pest Management**, v. 27, n. 1, p. 32-38, 1981.

WINKLER, L. M., VIDAL, R. V., BARBOSA NETO, J. F. Caracterização genética de *Euphorbia heterophylla* resistente a herbicidas inibidores da acetolactato sintase, **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1067-1072, set 2003.

ANEXOS

Anexo 1. Composição físico-química do solo utilizado no experimento.

Análise Granulométrica (dag Kg ⁻¹)													
Argila			Silte			Areia				Classificação textural			
30			8			62				Franco Argilo-Arenoso			
Análise Química													
pH	P	K ⁺	Na	H+Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC (T)	CTC (t)	V	m	MO
(H ₂ O)	(mg dm ⁻³)			(cmolc dm ⁻³)							(%)		(dag Kg ⁻¹)
5,3	4,6	66	16	4,46	0,1	1,3	0,6	2,14	6,6	2,24	32	4,0	3,0

Anexo 2. Dados Climáticos, Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Umidade relativa (%), e Radiação Solar (w m^{-2}) e DPV (kPa), durante período experimental.

