

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AGRONOMIA

**Manejo de *Digitaria insularis* L. com glyphosate e carfentrazone-ethyl
em diferentes sombreamentos**

LEONARDO MICHEL ROCHA

MONTES CLAROS - MG
2017

Leonardo Michel Rocha

**MANEJO DE CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis*) COM GLYPHOSATE E
CARFENTRAZONE-ETHYL EM DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Leonardo David Tuffi Santos

Montes Claros

2017

Leonardo Michel Rocha, **MANEJO DE CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis*) COM GLYPHOSATE E CARFENTRAZONE-ETHYL EM DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Prof. Leonardo David Tuffi Santos – Orientador ICA/UFMG

Prof. Rodinei Facco Pegoraro – ICA/UFMG

Rodrigo Eduardo Barros – Doutorando ICA/UFMG

Luan Mateus Silva Donato – Doutorando ICA/UFMG

Montes Claros - MG, 27 de Novembro de 2017

Dedico à minha mãe Saionara, ao meu pai Giovanni, à
minha irmã Beatriz, aos meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por me conceder a vida e me dar saúde.

Aos meus pais pelo incentivo integral aos estudos, pelo apoio às minhas escolhas e por não medirem esforços para que eu tivesse uma boa formação.

À minha irmã pelo apoio, mesmo que distante, e por ser uma pessoa na qual eu me espelho pela sua independência e disposição.

Aos meus familiares que sempre me ampararam de uma forma ou outra, em especial à Suely, Fabrício, Lucas, Jussara e Eustáquio.

À minha Madrinha Ana pelas constantes orações.

Ao meu Orientador Prof. Leonardo David Tuffi Santos pela orientação para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os integrantes do Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, sem exceção, em especial ao Rodriguinho, Caixeiro, Luancião, Vitor Rosa e ao Barata, que me auxiliaram de forma mais constante e foram indispensáveis para a realização e correta condução desta pesquisa.

À professora Clívia pela disponibilidade e assistência durante a realização das amostragens para as futuras análises anatômicas.

Aos integrantes e agregados da República Ferra Dura, aos amigos de sala e a todos e todas que compartilharam comigo os desafios dessa jornada.

À Fapemig pelo apoio financeiro na execução do projeto e ao CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica.

Ao Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, ao seu corpo docente e a todos os servidores que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação e realização deste trabalho.

RESUMO

Resumo: O uso intensivo de herbicidas em sistemas agrícolas tem contribuído para a seleção de plantas resistentes ou tolerantes. Nesse sentido fatores como a disponibilidade de luz nos ambientes e a combinação entre herbicidas podem ser estudados para o estabelecimento dos melhores métodos de controle. O presente trabalho visou avaliar a interferência da disponibilidade de luz em diferentes ambientes no controle de *Digitaria insularis* a partir de doses combinadas de glyphosate e carfentrazone-ethyl. O estudo foi conduzido em blocos casualizados com 4 repetições, em esquema fatorial 3 x 6, constituídos de plantas a pleno sol e 2 níveis de sombreamentos obtidos por meio sombrites com 45% e 65% de restrição luminosa, além de seis diferentes doses dos herbicidas em mistura nas proporções 1.536+8; 1.152+16; 768+24; 384+32, g ha⁻¹, de glyphosate e carfentrazone-ethyl, respectivamente; glyphosate na dose de 1.920 g ha⁻¹ e carfentrazone-ethyl na dose de 40 g ha⁻¹. Os parâmetros analisados foram características fisiológicas e visuais de intoxicação. A avaliação fisiológica das plantas foi realizada aos 4 após a aplicação dos herbicidas (DAA), com medidor portátil que determina as trocas gasosas foliares a partir das variações de CO₂ e da umidade relativa no interior da câmara do aparelho. Avaliações visuais de controle foram realizadas aos 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 25, 28, 33, 39, 46, 53 e 60 (DAA), adotando-se a escala de 0 a 100%, onde 0 é a inexistência de efeitos tóxicos provocados pelo o herbicida e 100 a morte total dos tecidos vegetais. A aplicação isolada de glyphosate na dose 1.920 g ha⁻¹ controlou 100% das plantas em ambientes sombreados 15 dias DAA. Plantas a pleno sol foram controladas até os 28 dias, porém sempre inferior quando comparado aos ambientes sombreados. Houve rebrota das plantas a pleno sol, com emissão de novos perfilhos. Plantas tratadas com carfentrazone-ethyl de forma isolada apresentaram controle inferior a 10%, que se manteve constante durante os 60 dias de avaliação. A aplicação de glyphosate e carfentrazone-ethyl, em mistura, nas doses de 1.536+8 g ha⁻¹, respectivamente, foi o que proporcionou menor taxa de fotossíntese líquida (5,07 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), taxa transpiratória (1,42 μmol H₂O m⁻² s⁻¹) e condutância estomática (0,052 mol H₂O m⁻² s⁻¹) aos 4 DAA. Observou-se que o sombreamento influencia positivamente no controle das plantas de *D. insularis*, sobretudo quando estas se encontram no ambiente de 65% de restrição luminosa. Houve rebrota aos 28 DAA de todas as plantas cultivadas a pleno sol independente da dose herbicida aplicada.

Palavras-chave: Matocompetição; herbicida; plantas daninhas; luminosidade; controle.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Perfilhos cortados a 5 cm de altura. Corte de uniformização das plantas 15 dias antes da aplicação dos herbicidas.....	22
FIGURA 2. Aplicação dos herbicidas às 9h da manhã.....	24
FIGURA 3. Evolução da fitointoxicação das plantas de <i>D. insularis</i> submetidas à aplicação dos herbicidas ao longo de 60 dias. A. Aplicação de glyphosate na dose de 1.920 g ha ⁻¹ . B. Aplicação de carfentrazone-ethyl na dose de 40 g ha ⁻¹ . C. Aplicação de glyphosate e carfentrazone-ethyl nas doses de 1.536 g ha ⁻¹ + 8 g ha ⁻¹ , respectivamente. D. Aplicação de glyphosate e carfentrazone-ethyl nas doses de 1.152 g ha ⁻¹ + 16 g ha ⁻¹ , respectivamente. E. Aplicação de glyphosate e carfentrazone-ethyl nas doses de 768 g ha ⁻¹ + 24 g ha ⁻¹ , respectivamente. F. Aplicação de glyphosate e carfentrazone-ethyl nas doses de 384 g ha ⁻¹ + 32 g ha ⁻¹ , respectivamente.....	30
FIGURA 4. Sintomas visuais das folhas de <i>Digitaria insularis</i> tratadas com os herbicidas glyphosate e carfentrazone-ethyl de forma isolada ou em mistura 6 DAA. PS: Ambiente pleno sol. 45%: ambiente com aproximadamente 45% de restrição luminosa. 65%: ambiente com aproximadamente 65% de restrição luminosa.....	32
Gráfico 1. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (μmols) de cada ambiente às 8h, 12h e 16h.....	22

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Resultado da análise do solo utilizado.....	21
TABELA 2. Tratamentos avaliados no estudo da interação de glyphosate com carfentrazone-ethyl no controle de plantas de <i>Digitaria insularis</i>	25
TABELA 3. Taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) dos 6 tratamentos aos 4 dias após aplicação dos herbicidas. Período no qual as plantas já estavam sob o efeito dos herbicidas, porém ainda haviam folhas que possibilitavam a realização das avaliações fisiológicas.....	34
TABELA 4. Variáveis fisiológicas em função dos diferentes níveis de sombreamento e a pleno sol.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DAA – dias após aplicação

SPD – sistema de plantio direto

EPSPs – enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase

A – taxa fotossintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

WUE – eficiência do uso da água [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$]

g_s - condutância estomática ao vapor de água ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

E - taxa transpiratória ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

PAR – radiação fotossinteticamente ativa (μE ou μmol)

μE – micro Einstein (unidade equivalente ao μmol)

g ha^{-1} – gramas do ingrediente ativo por hectare

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1. <i>Digitaria insularis</i>	14
2.2 Manejo Químico	15
2.3 Glyphosate e carfentrazone-ethyl.....	16
2.4 Resistência das plantas daninhas aos herbicidas	17
2.5 Tolerância das plantas daninhas aos herbicidas	18
2.6 Influência do ambiente no manejo das plantas daninhas.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÃO	35

1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas estão presentes em todas as áreas de cultivo e se estabelecem rapidamente em terrenos sem cobertura do solo. Dessa forma, se desenvolvem de antes da cultura principal, competem por recursos naturais e reduzem a sua produtividade. Dentre os principais fatores responsáveis pela redução na produtividade da cultura principal, destaca-se a elevada capacidade que as plantas daninhas possuem em competirem pelos recursos naturais como água, nutrientes entre outros.

As plantas daninhas estão presentes em todas as áreas de cultivo e, embora sejam majoritariamente pouco exigentes em nutrientes, possuem estabelecimento agressivo. Precisaram desenvolver habilidades para se estabelecerem mais rapidamente a fim de garantir a sua perpetuação em condições climáticas adversas (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011). Porém, algumas condições ambientais às quais as plantas são impostas, acabam por facilitar o seu controle. O sombreamento gerado pelo dossel das culturas ou das florestas, ocasiona mudanças morfológicas e na estrutura foliar das plantas daninhas como alongamento de caules, pecíolo, internódios, expansão do limbo foliar, redução da deposição de ceras na superfície foliar e mudança na angulação da folha (GOBBI *et al.*, 2009; ALBUQUERQUE; EVANGELISTA; ALBUQUERQUE NETO, 2016; SANTOS, 2015).

Essas mudanças refletem diretamente no controle das plantas daninhas com herbicidas, sobretudo em ambientes sombreados. Em estudo realizado por Lima Jr. *et al.* (2006), observou-se que a mudança de ambientes de plantas de *Cupania vernalis* ocasionou alterações na espessura cuticular, na disposição das células parenquimáticas, da quantidade de pigmentos de clorofila, área foliar e densidade estomática. Além dessas alterações foi possível notar que a área foliar e a posição das folhas de plantas cultivadas em ambientes sombreados e a pleno sol são modificadas.

O ambiente de cultivo e as práticas culturais utilizadas podem se configurar em importantes fatores no auxílio do manejo de plantas daninhas em áreas cultivadas, principalmente se associadas a outras formas de controle. O uso de herbicidas é a alternativa mais utilizada no controle de plantas daninhas, porém o uso intensivo destes produtos favorece a seleção de biótipos resistentes (CARPEJANI; OLIVEIRA JR, 2013). Em trabalho realizado por Agostinelo *et al.* (2016), os autores constataram que a aplicação de glyphosate e carfentrazone-ethyl em mistura foi mais eficaz no controle de *Ipomoea hereditifolia* quando em comparação à aplicação destes mesmos herbicidas isoladamente. Isso sugere que o uso de

herbicidas com diferentes mecanismos de ação, em mistura, pode ser alternativa viável para o controle de plantas daninhas tanto resistentes quanto tolerantes.

A *D. insularis* é problema severo principalmente na região sudeste do Brasil, se estabelecendo de maneira muito agressiva em lavouras de milho e soja bem como em pomares de laranja e café (TIMOSSI *et al.*, 2009). A aplicação de glyphosate, em associação com outros herbicidas, em plantas daninhas pode promover níveis mais elevados de intoxicação das plantas e conseqüentemente o seu maior controle, sobretudo quando em diferentes níveis de sombreamento. Desse modo se faz necessário analisar a influência da interação entre o sombreamento em áreas agrícolas e florestais, e a eficiência de herbicidas no controle de *D. insularis*.

Nessa concepção, objetivou-se avaliar o controle de *D. insularis* submetidas à disponibilidade de luz e doses combinadas de glyphosate e carfentrazone-ethyl.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Digitaria insularis*

A *D. insularis* é uma gramínea, pertencente à família Poaceae. Conhecida popularmente pelos nomes de Capim-amargoso, Capim-açu, Capim-flexa, Capim-colchão, Capim-pororó, Milhete-gigante e Vassourinha, trata-se de uma espécie perene nativa das regiões tropicais da América, bem adaptada às condições climáticas do Brasil (CARVALHO *et al.*, 2011). É uma planta herbácea com forma de crescimento ereto e porte entre 50 e 100 cm de altura. Sua reprodução é por sementes, as quais são extremamente leves e pilosas além de apresentarem elevado índice germinativo, o que facilita a dispersão e perpetuação da espécie (CORREIA; ACRA; BALIEIRO, 2015). É uma espécie de difícil controle por apresentar um crescimento vegetativo muito vigoroso além de não se restringir à propagação apenas por sementes, mas também por rizomas. (LORENZI, 2008).

O primeiro relato notificado de resistência de *D. insularis* ao glyphosate ocorreu no Paraguai (TIMOSSI *et al.*, 2006; MACHADO *et al.*, 2006). A resistência foi atribuída pelo fato de o capim-amargoso ser uma planta de rápida disseminação e estabelecimento e, associado com sua baixa aceitação pelo gado, tornou-se necessária aplicação excessiva de doses de glyphosate com o intuito de controlá-la, ocasionando assim a seleção de biótipos resistentes (DUKE; POWLES, 2008; POWLES; YU, 2010).

Seu crescimento inicial é lento quando comparado a outras gramíneas, dessa forma, o uso intensivo de glyphosate, principalmente em lavouras de milho e soja e pomares de café e

laranja (TIMOSSO, 2009), para o controle de plantas jovens de capim-amargoso, oriundas de sementes, tem surtido efeito satisfatório quando aplicado até os 45 dias após sua emergência. Após este período ocorre redução na sua eficiência, visto que já ocorreu a formação de rizomas, que tornam as plantas mais tolerantes à aplicação do produto (MACHADO *et al.*, 2006a; MACHADO *et al.*, 2006b).

2.2 Manejo Químico

A utilização de produtos químicos para o controle de plantas daninhas é prática antiga, datada desde o século XIX, porém ocorreu expansão da sua utilização apenas após a descoberta das auxinas sintéticas. O uso desses produtos para o controle de plantas daninhas tem se tornado alternativa viável por apresentar baixo custo, alta eficiência de controle e por ser desenvolvida por profissionais (SILVA *et al.*, 2007). Por outro lado, o uso de agroquímicos oferece risco tanto aos trabalhadores, quanto aos consumidores que se alimentam diariamente de alimentos tratados com estes produtos, além de agredir o meio ambiente. Estes produtos possuem diferentes propriedades físico-químicas que reagem de maneira diferente com as partículas do solo e da água, suscitando sua acumulação na biota e contaminação da água e do solo. Quando da sua acumulação na água, estes são ingeridos principalmente pelos animais aquáticos que por sua vez são absorvidos pelo homem, contaminando-os (PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003).

As plantas daninhas possuem geralmente ciclo de vida rápido, o que torna necessária a adoção de diferentes medidas de manejo a fim de controlá-las com eficácia. No início do seu desenvolvimento as plantas possuem poucas reservas e camadas menos espessas de cutícula que além de aumentar a sua resistência à ação dos produtos, serve como barreira à sua penetração (SILVA *et al.*, 2007). É justamente nesta época que deve ser feito o controle. Em estudo realizado por Correia, Leite e Garcia (2010), foi observado que o controle de *D. insularis* com glyphosate foi satisfatório até 35 dias após sua emergência, pois não havia ocorrido ainda a formação de rizomas que dificultam o controle.

O eficiente manejo de plantas daninhas não visa necessariamente erradicar ou suprimir com a população total de plantas, mas sim, reduzir a taxa de crescimento ou a quantidade destas plantas de modo que a sua convivência com a cultura principal não seja afetada (RIZZARDI *et al.*, 2008). Um sério problema enfrentado pelos produtores é com relação ao banco de sementes do solo que é constituído por algumas espécies que são mais adaptadas ao local onde estão inseridas e conseqüentemente possuem controle dificultado (IKEDA *et al.*, 2007; GOMES; CHRISTOFFOLETI, 2008). A sobrevivência das sementes no banco de

sementes é dependente de fatores extrínsecos e intrínsecos da semente como sua profundidade no solo, espécie, clima, tipo de solo e dormência (SILVA *et al.*, 2007; VIVIAN *et al.*, 2008), o que dificulta o controle das plantas daninhas mesmo com o uso de herbicidas.

O manejo químico com a aplicação de herbicidas tornou-se muito comum por apresentar alto índice de controle, menor dependência de mão de obra, poder ser realizado em épocas chuvosas, permitir o cultivo mínimo ou plantio direto das culturas e controlar plantas daninhas de propagação vegetativa (SILVA *et al.*, 2007). Porém o uso indiscriminado destes produtos tem aumentado a pressão de seleção quando da utilização de um produto com mesmo mecanismo de ação, o que favorece a perpetuação tanto de biótipos resistentes quanto de biótipos tolerantes aos herbicidas (CARVALHO *et al.*, 2011).

2.3 Glyphosate e carfentrazone-ethyl

O glyphosate é um herbicida sistêmico não seletivo que apresenta inicialmente uma curta fase de rápida absorção foliar e posteriormente uma longa fase de lenta absorção. É translocado para toda planta, atingindo raízes, rizomas e caules, mas tende a se acumular nas regiões meristemáticas (SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2007; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). O seu mecanismo de ação é caracterizado por inibir a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs) evitando a síntese de três aminoácidos essenciais - fenilalanina, tirosina e triptofano – bem como de alguns compostos secundários como vitaminas e hormônios. Além disso, ocorre na planta a elevação dos níveis de amônia fitotóxica, glutamina e glutamato. As folhas amarelecem, murcham e necrosam cerca de quatro a vinte dias após a aplicação do herbicida. Esta duração vai depender da espécie, idade da planta e dose aplicada. (YAMADA; CASTRO, 2007).

O glyphosate é muito utilizado para o controle de plantas monocotiledôneas ou dicotiledôneas, anuais ou perenes. Por apresentar amplo controle, é um herbicida utilizado mundialmente (AMARANTE JÚNIOR *et al.*, 2002). Com o advento das culturas resistentes ao glyphosate, (POWLES; YU, 2010) a comercialização e uso deste herbicida aumentou de maneira exponencial no mundo e no Brasil visto que é possível realizar o controle das plantas daninhas sem prejudicar a cultura de interesse.

Porém, a aplicação intensiva de herbicidas com mesmo princípio ativo e que possuem o mesmo mecanismo de ação suscita na seleção de biótipos tolerantes ou resistentes (DUKE; POWLES, 2008; CARVALHO *et al.*, 2011) que apresentam controle reduzido ou mesmo ausência de controle quando da aplicação dos herbicidas nas doses recomendadas.

A seleção de espécies resistentes ou tolerantes ao glyphosate aumenta a cada ano. Em estudo realizado por Heap (2016) constatou-se que haviam aproximadamente 15 espécies resistentes ao glifosato em 7 países da América do Norte e América do Sul. Há estudos que comprovam a resistência de *Conyza bonariensis* (VARGAS *et al.*, 2007), *Conyza canadensis* (LAMEGO; VIDAL, 2008), *Euphorbia eterophylla* (VIDAL *et al.*, 2007), *Lolium multiflorum* (ROMAN *et al.*, 2004; VARGAS *et al.*, 2004) e *D. insularis* ao glyphosate (HEAP, 2017).

Devido às suas características, o glyphosate foi o herbicida mais utilizado durante a implementação do sistema de plantio direto (SPD). Esse sistema de cultivo possibilita a manutenção de resíduos das culturas na superfície do solo, aumenta sua fertilidade, o teor de matéria orgânica, a proteção contra a erosão, mantém a umidade, diminui a amplitude térmica, além de reduzir a emergência de plantas daninhas (AMOSSÉ; JEUFFROY; DAVID, 2013). A utilização de herbicidas, principalmente o glifosato, foi de extrema importância para a implantação e consolidação do SPD e hoje este mercado se encontra em plena expansão.

O carfentrazone-ethyl é um herbicida pertencente ao grupo químico das aril triazolinonas. É um herbicida de contato e seu mecanismo de ação consiste na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) que participa da síntese da clorofila (WERLANG; SILVA, 2002). Apresenta limitada translocação pelo floema devido à rápida morte celular (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Apesar de apresentar elevado controle sobre *Commelina benghalensis* e *Ipomoea grandifolia*, o seu uso também é recomendado para o controle de plantas dicotiledôneas, sendo amplamente utilizado na cultura do algodão, milho, soja, café e citros (WERLANG; SILVA, 2002).

Sabe-se que cada espécie de planta possui sua própria morfologia e fisiologia, o que confere respostas distintas dessas plantas aos diferentes princípios ativos. Visando aumentar a eficiência de controle, tem-se adotado o preparo de caldas mistas com mais de um produto. Porém deve-se ter conhecimento das interações que ocorrem entre os produtos e as plantas-alvo, a fim de garantir seu controle eficaz (SILVA *et al.*, 2007).

2.4 Resistência das plantas daninhas aos herbicidas

A grande variabilidade genética existente entre as espécies de plantas daninhas permite a reprodução de plantas com diferentes respostas aos fatores ambientais. As plantas apresentam mecanismos de resposta diferentes, e quando passam por algum estresse externo, como a aplicação de herbicidas por exemplo, a minoria resiste e sobrevive, enquanto grande parte da população senesce e morre. Este fenômeno é conhecido como pressão de seleção e

ocorre quando as plantas necessitam desenvolver mecanismos que possibilitem a perpetuação da espécie (OVEJERO; CHRISTOFFOLETI; VARGAS, 2008).

Resistência de plantas aos herbicidas é a capacidade herdável e natural que uma pequena população de plantas possui em sobreviver e se reproduzir após sofrerem uma injúria pela aplicação de herbicidas. Essas plantas ocorrem em baixas frequências, porém, ao sofrerem a pressão de seleção, se perpetuam e aumentam sua frequência, tornando difícil o seu controle. O fenômeno da resistência não é causado pelos herbicidas, este atua apenas selecionando indivíduos resistentes (CHRISTOFFOLETI; OVEJERO, 2008).

A resistência de plantas a herbicidas pode ocorrer de duas maneiras. Pela pressão de seleção, ocasionada pelo uso intensivo de produtos com mesmo mecanismo de ação de forma que aumenta a probabilidade de seleção de biótipos resistentes. Há também o surgimento da resistência ocasionado pela variabilidade genética que é causada pelo aparecimento de um ou mais genes que conferem resistência a uma determinada molécula herbicida ou através de mutações. A pressão de seleção aumenta a proporção entre plantas suscetíveis e resistentes (SILVA; VARGAS; FERREIRA, 2007).

Tornou-se muito comum a resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate em decorrência do grande número de aplicações realizadas para controlá-las. Já existem relatos de plantas resistentes a este herbicida em mais de sete países, incluindo o Brasil (DUKE; POWLES, 2008; POWLES; YU, 2010).

Em vista das severas aplicações de glyphosate para o controle da *D. insularis* ocorreu a seleção de biótipos resistentes, favorecendo a perpetuação da espécie em áreas agricultáveis do Brasil, tornando o seu controle mais moroso (CARVALHO *et al.*, 2011).

2.5 Tolerância das plantas daninhas aos herbicidas

A tolerância das plantas daninhas aos herbicidas é uma característica inata a espécie. Consiste na capacidade que determinadas espécies possuem em sobreviver após aplicação de uma dose de herbicida que seria letal para a maior parte da população de plantas. Esta aplicação não interfere de forma significativa no desenvolvimento das plantas (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ OVEJERO, 2008).

Quando um herbicida é aplicado na planta ocorre uma série de atividades que envolvem penetração, absorção, translocação e metabolismo da planta ao produto. Para o ingrediente ativo do herbicida atuar na planta é necessário que ele atinja a organela-alvo. Assim, é importante ter cuidado no momento de aplicação do produto, pois o simples fato de realizar a pulverização não garante eficiência de controle (SILVA *et al.*, 2007).

É de extrema importância conhecer os mecanismos de absorção e translocação dos herbicidas dentro das plantas, visto que o produto passa por diversas barreiras antes de atingir o local de ação ou serem degradados pela planta. Após a aplicação do herbicida ocorre perda de parte do produto por deriva. Ocorre também a interceptação, que consiste na quantidade de herbicida que entrou em contato com a planta tornando-se disponível para a absorção (SILVA *et al.*, 2007).

Dentre os fatores morfológicos das plantas que interferem na interceptação dos produtos aplicados, tem-se: pilosidade na lâmina foliar, espessura da cera, quantidade de estômatos, angulação foliar, largura da folha, quantidade de folhas, idade e tamanho da planta (MEROTTO JR; FISHER, 2008; OLIVEIRA JR; INOUE, 2011).

Em trabalho realizado por Monquero *et al.* (2004) foi observado tolerância da *Commelina benghalensis* ao glyphosate. Essa tolerância se deu pelo fato dessa planta apresentar metabolismo diferencial, que é a capacidade de degradar ou transformar a estrutura química da molécula de herbicida em uma substância não tóxica à planta (OLIVEIRA JR; INOUE, 2011).

Em experimento realizado por Correia e Durigan (2009), a aplicação de 2,88 kg ha⁻¹ de glyphosate resultou no controle inicial de 65% das plantas, porém, posteriormente, ocorreu a rebrota, demonstrando não ser eficiente no controle de capim-amargoso.

De acordo com Procópio *et al.* (2006) uma boa estratégia para o controle do capim-amargoso é a associação do glyphosate com outros herbicidas. Este método tem se tornado eficiente e supera a dificuldade de controle desta planta.

2.6 Influência do ambiente no manejo das plantas daninhas

Mudanças na luminosidade podem alterar as características de desenvolvimento das plantas, implicando diretamente na sua morfofisiologia e alocação dos fotoassimilados (TUFFI SANTOS *et al.*, 2015). Dessa forma as plantas lançam mão de mecanismos para melhor se adaptarem às condições do ambiente no qual se encontram, aumentando assim a eficiência de captação de recursos (DIAS-FILHO, 1997).

Mudanças na anatomia das plantas foram observadas em experimento conduzido por Braga *et al.* (2009) onde plantas cultivadas em ambientes sombreados apresentaram estiolamento, o que conferiu a estas, maiores valores de parte aérea quando comparadas às plantas de mesma espécie cultivadas em ambiente sem restrição luminosa. Em contrapartida, Queiroz-Voltan *et al.* (2011) encontraram valores superiores do limbo foliar para plantas

cultivadas em ambientes com elevada exposição à intensidade luminosa, isso ocorreu devido ao maior desenvolvimento do parênquima paliçádico em resposta às altas taxas luminosas.

A capacidade das plantas de se adaptarem a diferentes ambientes ocorre devido às alterações na anatomia e fisiologia que conferem a estas diferentes respostas em relação às luminosidades. Assim, existem relatos de que plantas submetidas a condições de elevada luminosidade apresentam uma diminuição nos espaços intercelulares do mesofilo, maior deposição de ceras, menor área e maior espessura foliar (GONDIM *et al.*, 2008; TUFFI SANTOS *et al.*, 2015), o que implica diretamente na eficiência do controle químico (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2013). Plantas aclimatadas em locais sob altas taxas de radiação fotossinteticamente ativa possuem incremento na quantidade de cloroplastos e expansão do mesofilo, potencializando a captação dos raios solares (TAIZ *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2015).

A cutícula é a camada mais externa presente na superfície foliar atuando contra a perda excessiva de água e como uma barreira que exerce dificuldade contra a penetração dos herbicidas nas folhas (REINA PINTO; YEPHREMOV, 2009). Porém uma série de fatores como ambiente, exposição à luminosidade, idade e espécie da planta influenciam na composição química e espessura da cutícula, afetando diretamente no controle final das plantas (SILVA *et al.*, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, localizado na longitude de 43°50'18.31"W, na latitude de 16°40'59.22"S e a 650 m de altitude. O clima da região é classificado por Köppen, como Aw (Tropical com inverso seco) (ALVARES *et al.*, 2014).

O ensaio foi realizado com mudas de capim amargoso (*Digitaria insularis*) oriundas de plantas presentes em locais cujas aplicações de glyphosate são frequentes. Estas foram obtidas através de perfilhos e cultivadas inicialmente em vasos de 5 L contendo solo e esterco bovino e posteriormente transplantadas para vasos de 10 L preenchidos com substrato constituído de solo arenoso e esterco bovino curtido na proporção de 3:1 (v:v). Foi realizada a análise do solo utilizado para o preparo do substrato (TABELA 1). O substrato foi adubado com a formulação NPK 4-30-10, conforme recomendação de adubação para cultivo em vaso (NOVAIS; NEVES; BARROS, 1991). Aos 50 dias após o transplântio as mudas receberam adubação de cobertura com sulfato de amônio (4,76 g de N/vaso) e cloreto de potássio (0,83 g

de K/vaso), conforme recomendação (WAUGHT; FITTS, 1966, modificado por ALVAREZ, 1974). Realizou-se o corte de uniformização a 5 cm de altura (FIGURA 1).

TABELA 1. Resultado da análise do solo utilizado

Atributos do solo	Amostras	
	1	Nível
pH em água	5,3	Bx
P Mehlich (mg dm⁻³)	0,08	MBx
P remanescente (mg L⁻¹)	37,55	
K (mg dm⁻³)	10	MBx
Ca (cmolc dm⁻³)	0,30	MBx
Mg (cmolc dm⁻³)	0,10	MBx
Al (cmolc dm⁻³)	0,40	Bx
H + Al (cmolc dm⁻³)	1,86	Bx
SB (cmolc dm⁻³)	0,43	MBx
t (cmolc dm⁻³)	0,83	Bx
m (%)	48	M
T (cmolc dm⁻³)	2,28	Bx
V (%)	19	MBx
Mat. Org. (dag Kg⁻¹)	1,66	B
Carbono Org. (dag Kg⁻¹)	0,96	B
Areia Grossa (dag Kg⁻¹)	25,50	
Areia Fina (dag Kg⁻¹)	46,50	
Silte (dag Kg⁻¹)	16	
Argila (dag Kg⁻¹)	12	Ar

MBx= muito baixo; Bx= baixo; M= médio; A= alto; Ar= arenoso



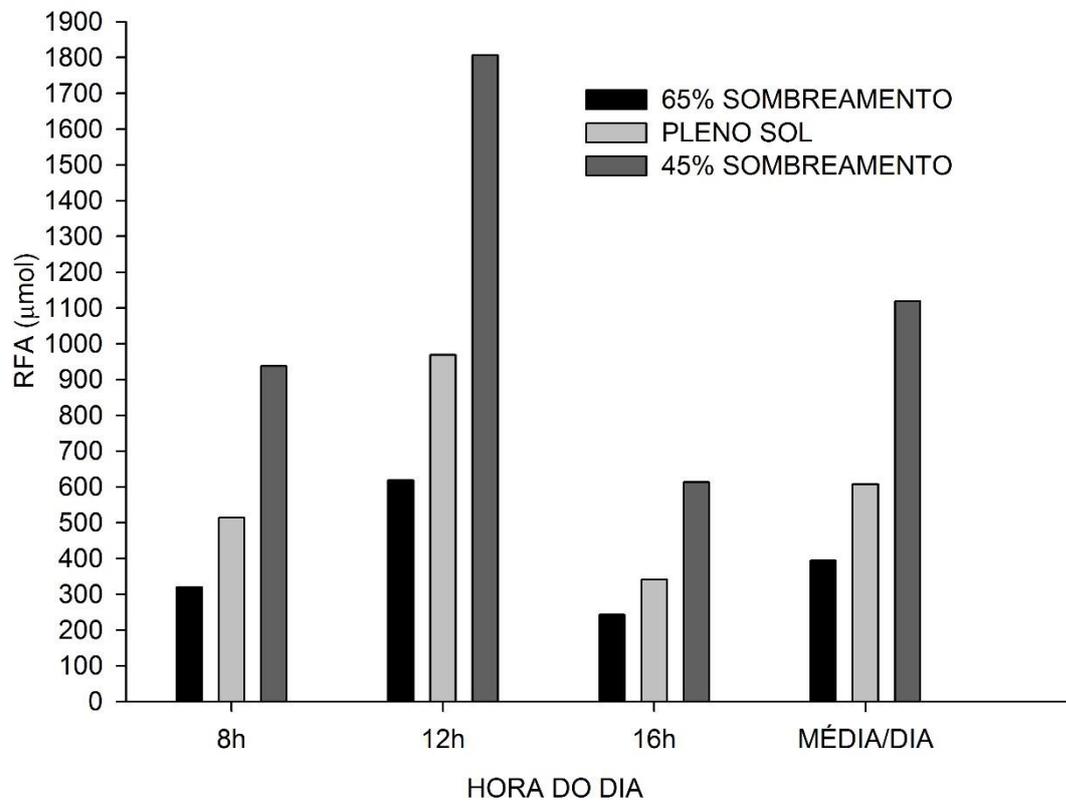
FIGURA 1. Imagem ilustrativa. **A.** Corte de uniformização das plantas 15 dias antes da aplicação dos herbicidas. **B.** Perfilhos cortados a 5 cm de altura.

O estudo foi implantado em blocos casualizados com quatro repetições no esquema fatorial 3 x 6. O primeiro fator correspondeu a três diferentes ambientes de cultivo: plantas a pleno sol, e 2 níveis de sombreamentos obtidos por meio de sombrites $45 \pm 0,575\%$ e $65 \pm 1,821\%$ (valores obtidos através do fluorômetro) (TABELA 2), cujas características de radiação fotossinteticamente ativa foram descritas no Gráfico 01.

O segundo fator representa seis doses de glyphosate e carfentrazone-ethyl, isolados ou em mistura (TABELA 3). A parcela experimental foi constituída de um vaso contendo duas plantas de capim-amargoso.

A radiação fotossinteticamente ativa disponível nos ambientes foi determinada por medição de cinco pontos de cada ambiente (pleno sol, sombrite 1 e sombrite 2) por quatro dias consecutivos com auxílio do fluorômetro (Y(II) Reliable Y(II) measurement Leaf absorptance measurement, OPTI-SCIENCES) (GRÁFICO 1).

Gráfico 1. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (μmol) de cada ambiente às 8h, 12h e 16h.



A aplicação dos herbicidas aconteceu aos 15 dias após o corte de uniformização dos perfilhos, conforme doses descritas na TABELA 2. As plantas de capim amargoso ficaram nos referidos ambientes por 16 semanas, desde a implantação do experimento até a aplicação dos herbicidas. A calda contendo os herbicidas foi aplicada por meio de pulverizador costal pressurizado a CO_2 , munido de barra possuindo ponta modelo Teejet 11002 e válvula reguladora de pressão constante a 300 kPa, com o volume de 116 L ha^{-1} de calda. Após aplicação dos herbicidas sintomas de intoxicação foram descritos e documentados fotograficamente. A aplicação do produto foi realizada entre 8h e 10h. O céu estava limpo e ensolarado, com umidade relativa do ar em torno de 45%.

TABELA 2. Tratamentos avaliados no estudo da interação de glyphosate com carfentrazone-ethyl no controle de plantas de *Digitaria insularis*.

Produtos		Doses
Nome comum	Nome comercial	g ha⁻¹
		ingrediente ativo
Glyphosate ¹	Roundup Original DI ®	1.920
Carfentrazone-ethyl ²	Aurora ®	40
Glyphosate + carfentrazone-ethyl	Roundup + Aurora ®	1.536 + 8
Glyphosate + carfentrazone-ethyl	Roundup + Aurora ®	1.152 + 16
Glyphosate + carfentrazone-ethyl	Roundup + Aurora ®	768 + 24
Glyphosate + carfentrazone-ethyl	Roundup + Aurora ®	384 + 32

¹Formulação comercial contendo 37% de glyphosate; ²Formulação comercial contendo 40% de carfentrazone-ethyl.



FIGURA 2. Imagem ilustrativa. Aplicação dos herbicidas.

Foram realizadas avaliações visuais de controle considerando toda a população no interior dos vasos, aos 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 25, 28, 33, 39, 46, 53 e 60 dias após a aplicação (DAA), adotando-se a escala de 0 a 100% para os sintomas de intoxicação, onde 0 é a inexistência de efeitos tóxicos provocados pelo o herbicida e 100 o controle total dos tecidos vegetais conforme metodologia de (ALAM, 1974). As imagens foram capturadas com o auxílio de uma câmera digital (Canon SX510HS). As análises destas variáveis foram apresentadas de forma descritiva.

A fisiologia das plantas de *D. insularis* foram avaliadas na segunda folha totalmente expandidas de cada planta. As avaliações ocorreram aos 4 DAA entre 8 e 11 horas da manhã. A determinação da taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática ao vapor de água (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (E , $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e eficiência do uso da água (EUA – $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) foi feita utilizando-se o analisador de gás infravermelho (IRGA, model LI-6400xtr, LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA), que determina as trocas gasosas foliares a partir das variações de CO_2 e da umidade relativa no interior da câmara do aparelho.

O tempo mínimo para estabilização das leituras foi de 60 segundos e máximo de 180 segundos para salvar a leitura, sempre no mesmo bloco para reduzir o erro experimental.

Para análise estatística os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro e quando significativo as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação isolada de glyphosate na dose 1.920 g ha^{-1} controlou 100% das plantas em ambientes sombreados já aos 15 DAA (FIGURA 3A). O sombreamento influenciou positivamente no manejo das plantas daninhas, sobretudo quando estas se encontravam no ambiente de 65% de restrição luminosa, que acarretou em maior intoxicação. Plantas a pleno sol apresentaram intoxicação crescente até os 28 dias, mas seu controle máximo foi de 72%, e com valores sempre menores quando comparado aos ambientes sombreados. No ambiente a pleno sol observou-se após os 28 dias a rebrota dos perfilhos, decrescendo o nível de intoxicação até 18% aos 60 DAA (FIGURA 3A).

Mudanças na intensidade luminosa imposta as plantas já estabelecidas em determinado ambiente ocasionam alterações tanto em sua fisiologia quanto na anatomia (TUFFI SANTOS *et al.*, 2015) e em suas reações bioquímicas (CARVALHO *et al.*, 2006; LUNZ; SILVA JÚNIOR; DE OLIVEIRA, 2014), sobretudo em espécies de metabolismo C4, como é o caso de plantas de *D. insularis*.

As espécies C4 possuem taxa fotossintética líquida mais elevada em relação às espécies C3, uma vez que estas não se saturam com a luz e possuem adaptação fisiológica que lhes permitem aproveitamento mais eficaz do CO₂ (TAIZ *et al.*, 2017). Estas plantas (C4) possuem a enzima fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase) que tem alta afinidade pelo CO₂, o que lhes confere a capacidade de catalisar as reações fotossintéticas mesmo em baixos níveis de concentração de CO₂ no mesofilo foliar (KLUGE *et al.*, 2015). Entretanto, essas plantas possuem gasto energético mais elevado que as plantas C3 (BARROS *et al.*, 2017), por isso, quando sombreadas, possuem maior redução na taxa fotossintética e em outros parâmetros fisiológicos como condutância estomática e taxa transpiratória.

Plantas cultivadas em ambientes sombreados tendem a ser mais susceptíveis à ação dos herbicidas, visto que ocorre modificações na sua anatomia e morfologia, bem como no acúmulo de ceras da camada epicuticular. Em estudo realizado por Santos Júnior *et al.* (2013) foi constatado que *Commelina benghalensis* e *Cyperus rotundus* são mais susceptíveis ao glyphosate quando cultivadas em ambientes com restrição luminosa, o que pode ser explicado pelo fenômeno descrito acima. Lima Jr. *et al.* (2006) utilizando a espécie *Cupania vernalis*, averiguaram que plantas cultivadas em ambientes a pleno sol, quando comparadas às plantas submetidas a 65% de restrição luminosa, apresentaram maior espessamento do parênquima paliádico e das epidermes abaxial e adaxial, acarretando maior espessura do limbo foliar. Ainda foi observado maior espaçamento intercelular no mesofilo das plantas submetidas ao ambiente de 65% quando em comparação às plantas a pleno sol. O aumento dos espaços intercelulares do mesofilo associado à menor deposição de ceras e aumento da área foliar facilita a absorção e translocação do herbicida em plantas cultivadas sob sombreamento. Plantas cultivadas sob sombreamento canalizam grande parte dos seus fotoassimilados para aumentar a área foliar, a fim de potencializar a captação de luz (GOBBI *et al.*, 2011). Esse fenômeno explica a elevada taxa de intoxicação ocasionada em plantas submetidas à dose de 1.920 g ha⁻¹ de glyphosate (FIGURA 3A).

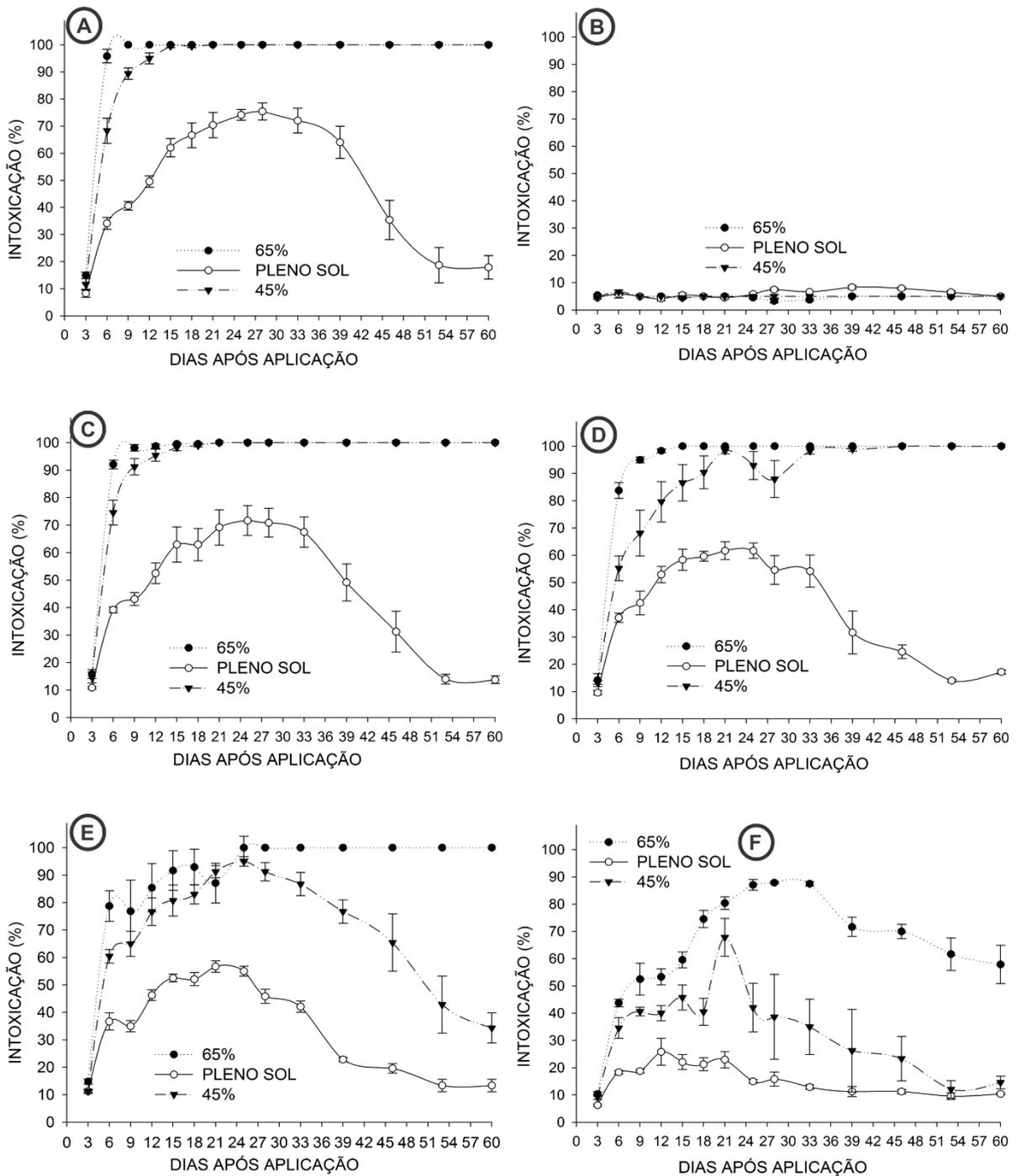


FIGURA 3. Evolução da fitointoxicação das plantas de *D. insularis* submetidas à aplicação dos herbicidas ao longo de 60 dias. **A.** Aplicação de glyphosate na dose de 1.920 g ha⁻¹. **B.** Aplicação de carfentrazone-ethyl na dose de 40 g ha⁻¹. **C.** Aplicação de glyphosate e carfentrazone-ethyl nas doses de 1.536 g ha⁻¹ + 8 g ha⁻¹, respectivamente. **D.** Aplicação de glyphosate e carfentrazone-ethyl nas doses de 1.152 g ha⁻¹ + 16 g ha⁻¹, respectivamente. **E.** Aplicação de glyphosate e carfentrazone-ethyl nas doses de 768 g ha⁻¹ + 24 g ha⁻¹,

respectivamente. F. Aplicação de glyphosate e carfentrazone-ethyl nas doses de $384 \text{ g ha}^{-1} + 32 \text{ g ha}^{-1}$, respectivamente.

Plantas tratadas com carfentrazone-ethyl de forma isolada apresentaram baixo índice de intoxicação, que se manteve constante durante os 60 dias de avaliação, abaixo de 10% de controle (FIGURA 3B). O carfentrazone-ethyl, aplicado de forma isolada, não é eficaz no controle destas plantas. Tal fato também foi observado por Werlang e Silva (2002) para *D. horizontalis* para dose de 30 g ha^{-1} . Esse resultado condiz ao fato deste herbicida não ser recomendado para o controle de gramíneas. As plantas não foram influenciadas pela restrição luminosa quando tratadas com este herbicida de forma isolada (FIGURA 4B). No mesmo estudo observou-se que a aplicação de carfentrazone-ethyl (15 g i.a ha^{-1}) em mistura com glyphosate (252 g ha^{-1}) possui efeito sinérgico no controle de *Amaranthus hybridus*, *Desmodium tortuosum*, *Bidens pilosa*, *Digitaria horizontalis* e *Commelina benghalensis* aos 21 DAA.

Quando aplicado a mistura de glyphosate e carfentrazone-ethyl na proporção de $1.536 \text{ g ha}^{-1} + 8 \text{ g ha}^{-1}$ (FIGURA 3C), observou-se comportamento semelhante de controle à aplicação de 1.920 g ha^{-1} de glyphosate (FIGURA 3A). O efeito dos herbicidas nos diferentes níveis de sombreamento foi semelhante.

A aplicação de glyphosate (1.536 g ha^{-1}) + carfentrazone-ethyl (8 g ha^{-1}) implicou em morte mais lenta das plantas no ambiente de 65% de restrição luminosa e menor intoxicação das plantas a pleno sol, quando comparado à aplicação isolada de glyphosate (FIGURA 3A e C). O carfentrazone-ethyl, é um herbicida de contato que atua na inibição da síntese da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), enzima fundamental para a síntese da clorofila (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Sua ação é intensificada na presença de luz, o que ocasiona rápida ruptura das membranas celulares e suscita na morte dos tecidos vegetais em curto espaço de tempo (SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2007), dificultando a translocação de outros herbicidas (WERLANG; SILVA, 2002), como o glyphosate.

Embora o carfentrazone-ethyl não seja recomendado para o controle de gramíneas, este proporcionou pequenas injúrias que representam morte celular, sobretudo no ambiente com 65% de restrição luminosa. O estudo da ação deste herbicida em gramíneas ainda é muito incipiente e há poucos relatos na literatura. A possível explicação para o seu reduzido efeito em gramíneas é devido ao metabolismo diferencial que possibilita a degradação da molécula de carfentrazone-ethyl, sendo exsudado pelas raízes (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Dessa forma, a aplicação deste herbicida ocasiona apenas injúrias secundárias nas folhas. Estas injúrias dependem da idade das plantas, ambiente de cultivo e estágio das plantas. Em estudo realizado Jordan *et al.* (1997) e Starke e Oliver (1998) observaram que a mistura de glyphosate com herbicidas de contato ocasiona muitas vezes redução no controle das plantas devido à menor absorção de glyphosate pelas mesmas, ocorrendo assim menor translocação destes produtos.

A aplicação de $1.152 \text{ g ha}^{-1} + 16 \text{ g ha}^{-1}$ (FIGURA 3D), $768 \text{ g ha}^{-1} + 24 \text{ g ha}^{-1}$ (FIGURA 3E) e $384 \text{ g ha}^{-1} + 32 \text{ g ha}^{-1}$ (FIGURA 3F) de glyphosate e carfentrazone-ethyl, respectivamente ocasionou sintomas menos severos nas plantas de capim-amargoso quando comparado com as aplicações de glyphosate isolado na dose de 1.920 g ha^{-1} , carfentrazone-ethyl isolado na dose de 40 g ha^{-1} e glyphosate + carfentrazone-ethyl em mistura nas proporções de $1.536 \text{ g ha}^{-1} + 8 \text{ g ha}^{-1}$, respectivamente. Os sintomas foram mais expressivos em ambientes sombreados, sobretudo no ambiente com 65% de restrição luminosa, no qual pôde-se observar morte total das plantas aos 25DAA, com exceção das plantas tratadas com $384 \text{ g ha}^{-1} + 32 \text{ g ha}^{-1}$ de glyphosate e carfentrazone-ethyl, cujo controle atingiu no máximo 88%. Todas as plantas cultivadas em pleno sol rebrotaram a partir de 25DAA.

É possível notar que a intoxicação se deve às doses de glyphosate, e que a associação com carfentrazone-ethyl não aumentou o nível de controle.

Nas maiores doses e nos ambientes com maior restrição luminosa os sintomas característicos foram o amarelecimento das folhas seguidos de necrose e pontos necróticos. Esses sintomas são característicos de herbicidas cujos mecanismos de ação atuam na inibição da síntese de aminoácidos e da enzima PROTOX, respectivamente (DAYAN *et al.*, 1997; SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2007) (FIGURA 4).

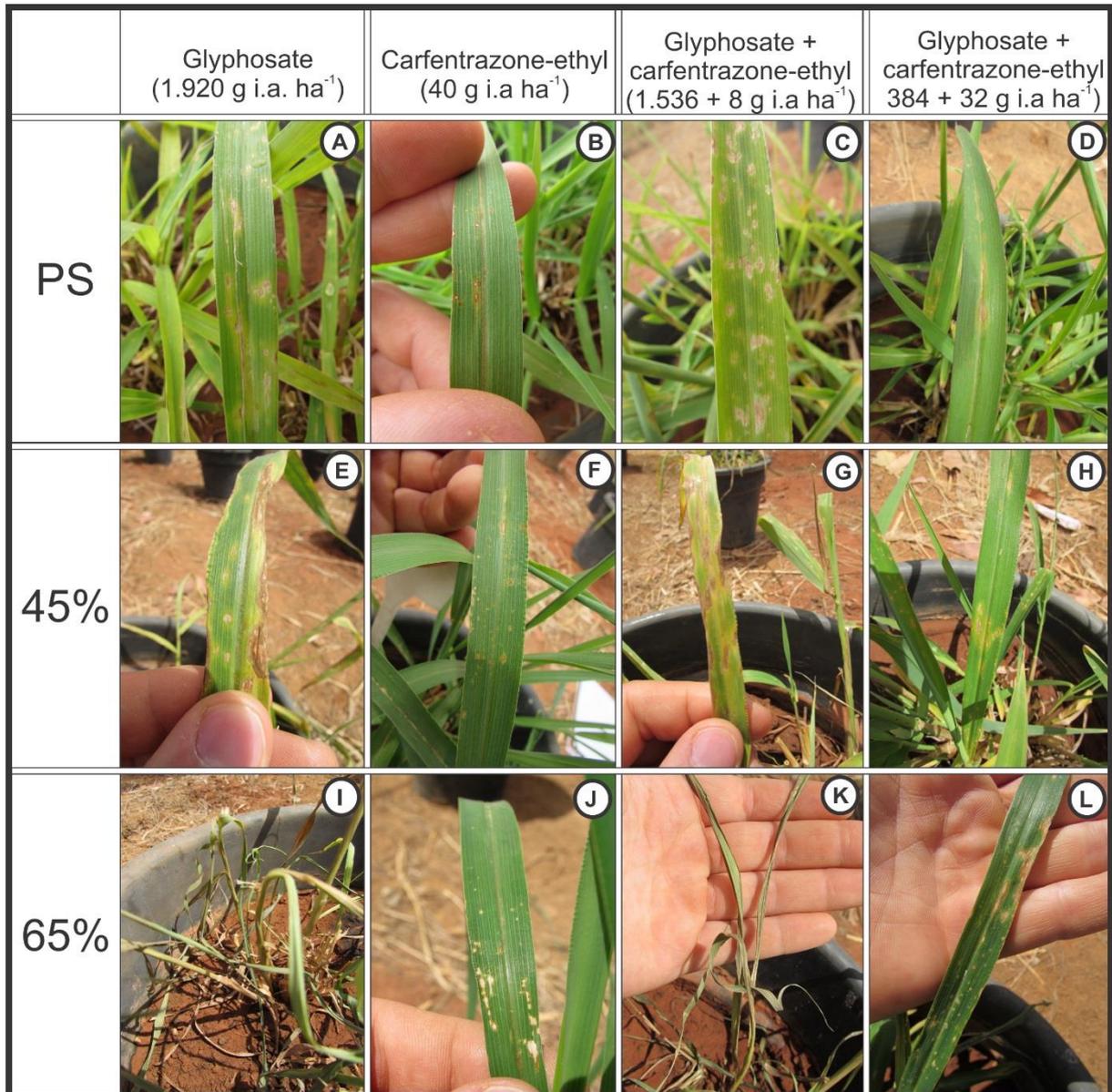


FIGURA 4. Sintomas visuais das folhas de *Digitaria insularis* tratadas com os herbicidas glyphosate e carfentrazone-ethyl de forma isolada ou em mistura 6 DAA. **PS:** Ambiente pleno sol. **45%:** ambiente com aproximadamente 45% de restrição luminosa. **65%:** ambiente com aproximadamente 65% de restrição luminosa.

Plantas cultivadas em ambientes sombreados tendem a apresentar menor espessura de cutícula (GONDIM *et al.*, 2008, LIMA JR. *et al.*, 2006), de forma a oferecer menor barreira à penetração dos herbicidas, quando aplicados.

Todas as mudanças morfológicas e fisiológicas proporcionadas pelo efeito do sombreamento influenciaram significativamente na ação dos herbicidas e por consequência no controle das plantas de *D. insularis*. Algumas plantas possuem mecanismos que possibilitam sua adaptação a diferentes ambientes (VALLADARES; GIANOLI; GÓMEZ, 2007). Essa

adaptação das plantas é correlativa às suas mudanças morfológicas, fisiológicas e comportamentais decorrente dos ambientes aos quais estão inseridas (GRENIER; BARRE; LITRICO, 2016) e essa adaptação é denominada de plasticidade fenotípica. Esse mecanismo pode garantir a perpetuação da espécie, mesmo quando esta não encontra condições favoráveis para o seu desenvolvimento (POMPELLI *et al.*, 2012).

A plasticidade fenotípica permite então que as plantas se adaptem tanto em ambientes com elevada RFA (radiação fotossinteticamente ativa) quanto em ambientes com RFA reduzida (TUFFI SANTOS *et al.*, 2015). Além dessa característica, a espécie, idade e porte das plantas estão diretamente relacionados com a absorção e translocação dos herbicidas pelas mesmas (OVEJERO *et al.*, 2008).

Parâmetros fisiológicos

Plantas de *D. insularis* submetidas à aplicação de carfentrazone-ethyl isolado ou em mistura com 384 g ha⁻¹ de glyphosate apresentaram maiores valores na taxa de fotossíntese líquida, eficiência do uso da água, transpiração e condutância estomática (TABELA 3). Por outro lado, as maiores doses de glyphosate causaram severa intoxicação nas plantas que apresentaram valores inferiores nessas características fisiológicas avaliadas aos 4 dias após aplicação dos herbicidas, (TABELA 4) obtendo-se na maior dose de glyphosate, taxa de fotossíntese líquida (5,07 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (1,42 $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e condutância estomática (0,052 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Estas plantas diferiram daquelas tratadas com a maior proporção de carfentrazone-ethyl em mistura e quando aplicado de forma isolada, que manteve as maiores médias de taxa fotossintética nas plantas de capim-amargoso (TABELA 3). Ao se avaliar a taxa transpiratória, eficiência no uso da água e condutância estomática das plantas, observou-se o mesmo efeito, entretanto o tratamento apenas com glyphosate equiparou-se a todas as demais misturas, e se diferiu unicamente da aplicação com dose isolada de carfentrazone-ethyl (TABELA 3).

TABELA 3. Taxa de fotossíntese líquida (A), eficiência do uso da água (EUA), transpiração (E) e condutância estomática (g_s) dos seis tratamentos aos 4 dias após aplicação dos herbicidas. Período no qual as plantas já estavam sob o efeito dos herbicidas, porém ainda haviam folhas que possibilitavam a realização das avaliações fisiológicas.

Gly. + Carf. ($g\ ha^{-1}$)	A	EUA	E	g_s
1920 + 0	5,92 c	3,28 bc	1,76 bc	0,065 bc
1536 + 8	5,07 c	3,39 bc	1,42 c	0,052 c
1152 + 16	5,48 c	3,24 c	1,56 c	0,059 c
768 + 24	7,70 bc	3,86 bc	1,98 bc	0,08 bc
384 + 32	11,62 b	4,81 ab	2,43 ab	0,103 ab
0 + 40	18,03 a	5,76 a	3,04 a	0,139 a
CV (%)	39,77	31,12	33,45	38,32

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferenciam estatisticamente pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$). ^{ns}- Não significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$). Gly: Glyphosate. Carf: carfentrazone-ethyl

A aplicação do glyphosate nas plantas inibe a expressão da enzima EPSPs. Esse processo bloqueia ou limita a via de síntese dos aminoácidos tirosina, fenilalanina e triptofano que são precursores da formação de algumas proteínas, hormônios, vitaminas e enzimas. Essa inibição maximiza a rota da síntese dos aminoácidos glicina, cisteína, serina e metionina, esta última se caracteriza por ser precursora da síntese de etileno (YAMADA; CASTRO, 2007). Em estudo realizado por Abu-Irmaileh *et al.* (1979) constatou-se que a aplicação de sal de isopropilamônio de glifosato em plantas de feijoeiro induziu a formação de etileno.

O etileno quando em alta concentração no mesofilo induz a síntese de ácido abscísico, composto este, que após ser translocado é responsável pelo fechamento estomático e consequentemente redução do fluxo de gases e da condutância estomática (MESSINGER *et al.*, 2006; TAIZ *et al.*, 2017). A taxa transpiratória bem como a taxa fotossintética estão diretamente relacionadas. Para a realização dos processos fotossintéticos a planta necessita absorver o CO_2 atmosférico via estômatos, entretanto, esse mecanismo resulta na perda de água por estas estruturas. Dessa forma o controle da abertura e fechamento estomático implica diretamente na eficiência do aproveitamento da água.

As plantas de capim-amargoso cultivadas a pleno sol, quando comparadas às plantas sombreadas, mantiveram médias de condutância estomática e taxa transpiratória maiores. Não houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) na taxa de fotossíntese líquida e na eficiência no uso

da água para as plantas de *D. insularis* cultivadas em ambos os ambientes. O que pode ser indício de que esta espécie possui rápida adaptação em função de sua plasticidade fenotípica.

TABELA 4. Taxa de fotossíntese líquida (A), eficiência do uso da água (EUA), transpiração (E) e condutância estomática (g_s) dos seis tratamentos em função dos diferentes níveis de sombreamento e a pleno sol.

AMBIENTE	A	EUA	E	g_s
PLENO SOL	9,45 ^{ns}	3,98 ^{ns}	2,34 a	0,107 a
45% SOMBRA	8,94 ^{ns}	3,87 ^{ns}	1,97 ab	0,077 b
65% SOMBRA	8,53 ^{ns}	4,33 ^{ns}	1,78 b	0,064 b
CV (%)	39,77	31,12	33,45	38,32

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferenciam estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância ($P \leq 0,05$). ^{ns}- Não significativo pelo teste F a 5% de significância ($P \leq 0,05$).

Uma vez que as plantas possuem a capacidade de expressar sua plasticidade fenotípica, é possível que a taxa fotossintética bem como a eficiência do uso da água não tenham sido influenciadas pelo ambiente. O rápido ajuste na captação de luz e na dissipação energética ocorre para maximizar o processo fotossintético quando em baixo nível de radiação ou para proteger o aparato fotossintético quando expostas à elevada radiação solar (MARKESTEIJN *et al.*, 2007). Isso se explica pelo fato dessas plantas modificarem suas estruturas morfológicas e anatômicas (POMPELLI *et al.*, 2012).

As mudanças morfoanatômicas ocasionadas pelos diferentes ambientes implicam no número e diâmetro dos estômatos bem como no fechamento ou abertura destes (CITAÇÃO). Dessa forma, a condutância estomática é regulada a quantidade de CO_2 e O_2 que entra e sai das células (MESSINGER *et al.*, 2006), que por sua vez vão interferir na transpiração das plantas. Isso explica a redução da condutância estomática e transpiração foliar nos ambientes mais sombreados.

5. CONCLUSÃO

A aplicação de glyphosate na dose de 1.920 g ha⁻¹ controla 100% das plantas de *D. insularis* em condição de 65% de restrição luminosa.

A aplicação isolada de carfentrazone-ethyl não controla plantas de *D. insularis* a pleno sol e em ambientes sombreados.

A aplicação de glyphosate, carfentrazone-ethyl ou de sua mistura em plantas cultivadas a pleno sol não é eficaz devido à baixa porcentagem de intoxicação e à rebrota após 28 DAA.

REFERÊNCIAS

- ABU-IRMAILEH, B. E.; JORDAN, L. S.; KUMANOTO, T. Enhancement of CO₂ and ethylene production and cellulase activity by glyphosate in *Phaseolus vulgaris*. **Weed Science**, Chichester, v. 27, p. 103-106, 1979.
- AGOSTINELO, C. M.; DE CARVALHO, L. B.; ANSOLIN, H. H.; DE ANDRADE, T. C. G. R.; SCHMIT, R.; Sinergismo de misturas de glyphosate e herbicidas inibidores da PROTOX no controle de corda-de-viola. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, n.1, p.8-15, 2016.
- ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. ASSOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.
- ALBUQUERQUE, T. C. S.; EVANGELISTA, T. C.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. R.; Níveis de sombreamento no crescimento de mudas de castanheira do Brasil. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, v. 9, n. 4, p. 440-445, 2016.
- ALVARES, C. A.; Stape, J. L.; SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ALVAREZ, V. V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Acesso em: 20 out. 2017.
- AMARANTE JÚNIOR, O. P.; DOS SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. GLIFOSATO: PROPRIEDADES, TOXICIDADE, USOS E LEGISLAÇÃO. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p.589-593, 2002.
- AMOSSÉ, C.; JEUFFROY, M. H.; DAVID, C. Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: effects on performance and resource availability. **Field Crops Research**, v. 145, p. 78-87, 2013.
- BARROS, R. E.; FARIA, R. M.; TUFFI SANTOS, L. D.; AZEVEDO, A. M.; GOVERNICI, J. L.; Physiological response of maize and weeds in coexistence. **Planta Daninha**. Viçosa, v. 35, p. 1-8, 2017.
- BRIGHENTI, A. M. Biologia de plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR, R. S. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22 ed. Curitiba, PR: Ompix Editora Ltda, 2011. cap. 1, p.1-36
- CARPEJANI, M. S.; OLIVEIRA Jr., R. S. Manejo químico de capim-amargoso resistente a glyphosate na pré-semeadura da soja. **Revista Campo Digital**, v.8, n.1, p.26-33, 2013.
- CARVALHO, L. B.; HIPOLITO, H. C.; GONZALEZ-TORRALVA, F.; ALVES, P. L. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE PRADO, R. Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, n. 2, p. 171-176, 2011.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Org.) **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**, 3. ed. Piracicaba. Revista Atual. 2008. cap. 1, p. 9-34.

CONSTANTIN, J. Mistura de herbicidas contendo glyphosate: situação atual, perspectivas, possibilidades. In: R. S. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22 ed, Curitiba, Omnipax Editora Ltda, 2011. cap. 12, p. 305-348.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Manejo químico de plantas adultas de *Digitaria insularis* com glyphosate isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl ou quizalofop-p-tefuril em área de plantio direto. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 689-697, 2009.

CORREIA, N. M.; LEITE, G. J.; GARCIA, L. D.; Resposta de diferentes populações de *Digitaria insularis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 769-776, 2010.

CORREIA, N. M.; ACRA, L. T.; BALIEIRO, G. Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 93-101, 2015.

DAYAN, F. E.; WEETE, J. D.; DUKE, S. O.; HANCOCK, H. G. Soybean (*Glycine max*) cultivar differences in response to sulfentrazone. **Weed Science**, v. 45, n. 8, p. 634-641, 1997.

DIAS-FILHO, M.B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.32, n.8, p. 789-796, 1997.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest management science**, v. 64, n. 4, p. 319-325, 2008.

FREAR, D. S.; SWANSON, H. R.; MANSAGER, E. R., Acifluorfen metabolism in soybean: diphenyl ether bond cleavage and the formation of homogluthione, cysteine and glucose conjugates. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 20, n. 3, p. 299-310, 1983.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. F.; GARCEZ NETO, A. F.; PEREIRA, O. G.; VENTRELLA, M. C.; ROCHA, G. C.; Morphological and structural characteristics and productivity of *Brachiaria* grass and forage peanut submitted to shading. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.38, n. 9, p.1645-1654, 2009.

GOBBI, K. F.; RASMO, G.; VENTRELLA, M. C.; NETO, A. F.; ROCHA, G. C.; Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p.1436-1444, 2011.

GOMES JR, F.G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n.4, p.789-798, 2008.

GONDIM, A. R. O.; PUIATTI, M.; VENTRELLA, M. C.; CENCON, P. R.; Plasticidade anatômica da folha de taro cultivado sob diferentes condições de sombreamento. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 1037-1045, 2008.

GRENIER, S; BARRE, P; LITRICO, I. Phenotypic Plasticity and Selection: Nonexclusive Mechanisms of Adaptation. **Scientifica**. v. 2016, p. 9-16, 2016.

IKEDA, S. F.; MITJA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Banco de sementes em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.11, p.1545-1551, 2007.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: www.weedscience.com. Acesso em: 31 de outubro 2016.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: www.weedscience.com. Acesso em: 30 de novembro de 2017.

JORDAN, D. L.; YORK, A. C. GRIFFIN, J. L.; CLAY, P. A.; VIDRINE, P. ROY; REYNOLDS, D. B.; Influence of application variables on efficacy of glyphosate. **Weed Technol.**, v. 11, n. 2. p. 354-362, 1997.

KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; DA SILVA, P. P. M. Aspectos fisiológicos e ambientais da fotossíntese. **Revista virtual de química**, Piracicaba, v. 7, n. 1, p.56-73, 2015.

LAMEGO, F. P.; R. A. VIDAL. Resistance to glyphosate in *Conyza bonariensis* and *Conyza canadensis* biotypes in Rio Grande do Sul, Brazil. **Planta Daninha** v.26, n. 2, p.467-471, 2008.

LIMA JR, E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 30, n. 1, p. 33-41, 2006

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

LUNZ, A. M. P.; SILVA JÚNIOR, E. C.; DE OLIVEIRA, L. C.; Efeito de diferentes níveis de sombreamento no crescimento inicial de Unha de gato (*Uncaria tomentosa* Willd). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 16, n. 4, p. 866-73, 2014.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise do crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v.24, n. 4, p.641-647, 2006a.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.28, n.4, p.769-776, 2006b.

MARKESTEIJN, L.; POORTER, L.; BONGERS, F. Light-dependent leaf trait variation in 43 tropical dry forest tree species. **American Journal of Botany**, v. 94, n. 4, p. 515-525, 2007.

MEROTTO JR. A. Absorção e translocação de herbicidas nas plantas. In: VARGAS, L; ROMAN, E. S. **Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas**. Passo Fundo: Embrapa, 2008. p. 89-106.

- MESSINGER, S. M.; BUCKLEY, T. N.; MOTT, K. A. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO₂. **Plant Physiology**, v. 140, n. 2, p. 771-778, 2006.
- MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OSUNA, M. D.; DE PRADO, R. A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e susceptíveis a estes herbicidas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 123-132, 2004.
- NOVAIS, R. F. Teores de nutrientes a serem adicionados ou atingidos em ensaios de vaso. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. 1991. p. 195-195.
- OLIVEIRA JR, R. S.; Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA JR, R. S. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax Editora Ltda, 2011. cap. 10, p. 243-262.
- OVEJERO, R. F. L. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: VARGAS, Leandro. **Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas**. 1ª ed. Passo Fundo: Embrapa, 2008. p. 213-237.
- PERES, F., Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema. **É veneno ou é remédio?** Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ. 2003. cap. 1, p. 21-41.
- POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual review of plant biology**, v. 61, p. 317-347, 2010.
- POMPELLI, M. F.; POMPELLI, G. M.; CABRINI, E. C.; ALVES, M. C. J. L.; VENTRELLA, M. C. Leaf anatomy, ultrastructure and plasticity of *Coffea arabica* L. in response to light and nitrogen. **Revista Biotemas**, v. 25, n. 4, p.13-28, 2012.
- PROCÓPIO, S. O.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; BARROSO, A. L. L.; MOARES, R. V.; SILVA, M. V. V.; QUEIROZ, R. G.; CARMO, M. L. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 193-197, 2006a.
- QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; ROLIM, G. S.; JÚNIOR, M. J. P.; HERNANDES, J. L. Variações na anatomia foliar de videira Niagara em diferentes sistemas de condução. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 488-493, 2011.
- RIZZARDI, M, A. Aspectos gerais do manejo e controle de plantas daninhas. In: VARGAS, L; ROMAN, E. S. (Coord). **Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas**. 1. ed. Passo Fundo: Embrapa, 2008. cap. 5 p. 108-131.
- RODRIGUES, B. N; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: 2011.
- SANTOS JÚNIOR, A.; TUFFI SANTOS, L. D.; COSTA, G. A.; BARBOSA, E. A.; LEITE, G. L. D.; MACHADO, V. D.; CRUZ, L. R. Manejo de tiririca e trapoeraba com glyphosate em ambientes sombreado. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 213-221, 2013.
- ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; MATTEI, R. W. Resistance of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) to glyphosate. **Planta Daninha**. v.22, n. 2, p.301-306, 2004.

SANTOS, S. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; TANAKA, F. A. O.; SILVA, L. F.; SANTOS JÚNIOR, A. Influence of shading on the leaf morphoanatomy and tolerance to glyphosate in *Commelina benghalensis* L. and *Cyperus rotundus* L. **Australian Journal of Crop Science**. v.9, n.2, p.135-142, 2015.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. Biologia de Plantas Daninhas. In: SILVA, A. A. **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2007. cap. 1, p.17-61.

SILVA, J. F.; SILVA, J. F.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A. Herbicidas: Absorção, Translocação, Metabolismo, Formulação e Misturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2007. cap. 4. 149-188 p.

SILVA, A. A.; VARGAS, L.; FERREIRA, E. A. Herbicidas: Resistência de Plantas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2007. cap. 7. 279-324 p.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; SANOS, J. B. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2007. cap. 2. 63-81 p.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2007. cap. 3. p. 83-148.

STARKE, R. J.; OLIVER, L. R. Interaction of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazethapyr and sulfentrazone. **Weed Science**, v. 46, n. 6, p. 652-660, 1998.

TAIZ, L. **Fisiologia vegetal**. 6ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

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

TIMOSSI, P. C. Management of *Digitaria insularis* sprouts under no-tillcorn cultivation. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p.175-179, 2009.

TUFFI SANTOS, L. D.; CRUZ, L. R.; SANTOS, S. A.; SANT'ANNA SANTOS, B. F.; DOS SANTOS, I. T.; OLIVEIRA, A. M.; BARROS, R. E.; SANTOS, M. V.; FARIA, R. M. Phenotypic plasticity of *Neonotinia wightii* and *Pueraria phaseoloides* grown under diferente light intensities. **Anais da academia brasileira de ciências**. v. 87, n. 1, p.519-528, 2015.

VALLADARES F., GIANOLI E., GÓMEZ J. M. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. **New Phytologist**. v. 176, n. 4, p. 749–763, 2007.

VARGAS, L., E. S. ROMAN, M. A. RIZZARDI, AND V. C. SILVA. Identification of glyphosate-resistant ryegrass (*Lolium multiflorum*) biotypes in apple orchards. **Planta Daninha** v.22, n. 4, p.617-622, 2004.

VARGAS, L.; M. A. BIANCHI, M. A. RIZZARDI, D. AGOSTINETTO, AND T. DAL MAGRO. *Conyza bonariensis* biotypes resistant to the glyphosate in Southern Brazil. **Planta Daninha**. v. 25, n. 3, p. 573–578, 2007.

VIDAL, R. A., M. T. MICHELANGELO, R. DE PRADO, J. P. RUIZ-SANTAELLA, AND M. VILA-AIUB. Glyphosate-resistant biotypes of wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla* L.) and its risk analysis on glyphosate-tolerant soybeans. **Journal of Food, Agriculture and Environment**. v. 5, n. 2, p. 265-269, 2007.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **International Plant Nutrition Institute**. Piracicaba. Set. 2007. Pag. 1.

WERLANG, R. C.; SILVA, A. A. Glyphosate - carfentrazone-ethyl interaction. **Planta daninha**, Viçosa. v. 20, n. 1, p. 93-102, 2002.