

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AGRONOMIA

**INFLUÊNCIA DA LUZ E DO GLYPHOSATE NA MORFOLOGIA,
FISIOLOGIA E CONTROLE DE *Euphorbia heterophylla***

GUILHERME AUGUSTO DE PAIVA FERREIRA



Guilherme Augusto de Paiva Ferreira

INFLUÊNCIA DA LUZ E DO GLYPHOSATE NA MORFOLOGIA, FISILOGIA E
CONTROLE DE *Euphorbia heterophylla*

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: Prof.º Leonardo David Tuffi Santos

Montes Claros

2018

Guilherme Augusto de Paiva Ferreira. INFLUÊNCIA DA LUZ E DO GLYPHOSATE NA MORFOLOGIA, FISIOLOGIA E CONTROLE DE *Euphorbia heterophylla*.

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof.^a Clivia Carolina Fiorilo Possobom – ICA/UFMG

William Gomes Montes – Mestrando ICA/UFMG

Rodrigo Magalhães Faria – Doutorando UFV

Prof.^o Leonardo David Tuffi Santos – Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, _____ de _____ de 20____.

Dedico aos meus pais Rogério e Vilma, aos meus irmãos, familiares, amigos, professores e ao grupo do Laboratório de Plantas Daninhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo cuidado, amor, carinho, apoio e suporte durante a minha vida e por não medirem esforços para que eu estudasse e fosse feliz.

Aos meus irmãos e a Camila Bacelar pelo apoio, conselhos e cumplicidade.

Aos meus familiares que me ajudaram de uma forma ou outra, em especial à Sueli Ferreira e Cláudia Ferreira.

A FAPEMIG e ao CNPq pela concessão de bolsas de iniciação científica e pelo apoio financeiro a essa e outras pesquisas.

A UFMG, ao seu corpo docente e a todos os servidores que contribuíram para a minha formação e condução deste trabalho.

Aos integrantes do Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, atuais e antigos, em especial ao William Gomes (Caxeiro), Rodrigo Barros (Rodrighinho), Vitor Diniz (Vitor Rosa), Leonardo Rocha (Lagartixa), Matheus Sales (Beijola), Luan Donato (Luancião), Matheus Mendes (Milhouse) e ao Rodrigo Faria (Rádio) que participaram de forma mais próxima da minha trajetória no grupo.

À Prof.^a Clívia pelo apoio e suporte nas análises anatômicas durante a realização do experimento.

Ao Prof.^o Leonardo David Tuffi Santos pelos ensinamentos e orientação durante a graduação.

Aos integrantes e agregados da República 171 e Ferra Dura, aos amigos de sala e a todos e todas que compartilharam comigo as alegrias e os desafios dessa jornada.

RESUMO

Resumo: A menor disponibilidade e qualidade de luz em ambientes sombreados induzem mudanças morfofisiológicas nas plantas que podem torná-las mais sensíveis a ação dos herbicidas. Entretanto, o ambiente de crescimento das plantas é negligenciado no momento de realizar a recomendação de doses de herbicidas, podendo levar a aplicação de doses maiores que a necessária. Objetivou-se avaliar a influência da luz e de diferentes doses do herbicida glyphosate na morfologia, fisiologia e controle de *Euphorbia heterophylla*. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com 04 repetições, em esquema fatorial 3 x 6, onde o primeiro fator foi constituído de plantas a pleno sol e dois níveis de sombreamento (40% \pm 0,69 e 65% \pm 0,60 de sombreamento) e o segundo fator de seis doses do herbicida glyphosate (0, 370, 740, 1110, 1480 e 1850 g i. a. ha⁻¹). O sombreamento aumentou a sensibilidade *E. heterophylla* ao herbicida glyphosate em comparação ao ambiente a pleno sol. Em sombreamento, as doses de 1110, 1480 e 1850 g ha⁻¹ de glyphosate foram eficientes no controle dessa espécie, porém, em condições de insolação plena, nenhuma das doses testadas obtiveram bons níveis de controle, evidenciando maior tolerância de *E. heterophylla* nesse ambiente. Em comparação as plantas a pleno sol, o sombreamento de 40% aumentou a produtividade de massa fresca da parte aérea de *E. heterophylla* enquanto o sombreamento de 65% promoveu reduções nessa variável. O sombreamento aumentou a área média das folhas de *E. heterophylla* e a produtividade quântica do fotossistema II em comparação as plantas a pleno sol. O aumento das doses de glyphosate reduziram a produtividade quântica do fotossistema II, independente do ambiente de cultivo. O sombreamento aumenta a sensibilidade de *E. heterophylla* ao herbicida glyphosate, sendo necessário menores doses para o controle dessa espécie quando crescidas em ambientes com restrição luminosa em comparação as plantas cultivadas a pleno sol.

Palavras-chave: leiteira, wild poinsettia, sombreamento, manejo, fluorescência da clorofila, área foliar

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Incidência de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no interior dos ambientes: pleno sol ou 0% de sombreamento, 40% de sombreamento e 65% de sombreamento..... 16
- Figura 2.** Controle de *Euphorbia heterophylla* aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) das doses do herbicida glyphosate em ambientes com diferentes intensidades de luz..... 18
- Figura 3.** Massa fresca (A) e teor de matéria pré-seca (B) de *Euphorbia heterophylla* aos 28 dias após aplicação (DAA) das doses do herbicida glyphosate em ambientes com diferentes intensidades de luz..... 19
- Figura 4.** Área média das folhas de *Euphorbia heterophylla* em função de diferentes ambientes de crescimento 20
- Figura 5.** Produtividade quântica do fotossistema II (Y (II)) de *Euphorbia heterophylla* após aplicação de diferentes doses do herbicida glyphosate 23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Equações e ajuste dos dados referentes às análises de regressão da figura 3A	19
Tabela 2. Produtividade quântica do fotossistema II (Y (II)) de <i>Euphorbia heterophylla</i> em ambientes com diferentes intensidades de luz.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al – Alumínio

ALS – Acetolactato sintase

Aw – Clima tropical com estação seca no inverno

Ca – Cálcio

CO₂ – Dióxido de carbono

DAA – Dias após a aplicação

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

H – Hidrogênio

K – Potássio

Mg – Magnésio

P – Fósforo

pH – Potencial hidrogeniônico

PPO – Protoporfirinogênio oxidase

RFA – Radiação fotossinteticamente ativa

SB – Soma de bases

t – Capacidade de troca de cátions efetiva

V – Saturação por bases

V:VD – Relação entre os comprimentos de onda na região do vermelho e vermelho distante respectivamente.

Y (II) – Produtividade quântica do fotossistema II

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 <i>Euphorbia heterophylla</i>	12
2.2 Influência do sombreamento na morfologia e fisiologia das plantas	13
2.3 Controle químico de plantas daninhas	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÃO	24
6. REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

O controle químico é a principal forma de manejo de plantas daninhas. Entretanto, a recomendação de doses de herbicidas usados em pós emergência das plantas daninhas é baseada em poucos parâmetros, o que pode levar a aplicação de doses inadequadas. Para realizar essa recomendação, o técnico leva em consideração na bula de produtos comerciais somente as espécies infestantes de maior importância na área. Porém, fatores do ambiente podem influenciar na tolerância das espécies aos herbicidas e conseqüentemente na dose necessária para se obter um controle eficaz.

A luz, fator de produção essencial e competido nos sistemas naturais e agrícolas, possui um papel importante na fisiologia e morfologia das plantas. Em ambientes sombreados, para se adaptarem a situações de baixa intensidade luminosa, as plantas sofrem mudanças morfofisiológicas que podem contribuir para maior captação e absorção dos herbicidas. Em conseqüência, nesses ambientes os herbicidas podem se tornar mais eficientes a doses mais baixas, o que contribui para mitigar seus efeitos indesejáveis no ambiente. Além disso, a utilização de doses menores que a recomendada pode se tornar uma opção economicamente viável devido à redução nos custos de produção.

Apesar do impacto, estudos que relacionam o fator ambiente com o controle de espécies problemáticas são escassos, principalmente para espécies de plantas daninhas de difícil controle. A *Euphorbia heterophylla* é uma planta amplamente distribuída nos trópicos e considerada uma importante planta daninha. Acomete diversas culturas estando presente nos mais diversos ambientes. Apresenta crescimento inicial muito rápido, suas sementes permanecem viáveis por longos períodos no campo e germinam sob variadas condições de estresse (WILSON, 1981; BRECKE, 1995), características que conferem alta capacidade de competição.

A adaptação ao sombreamento e a influência desse fator na tolerância da *E. heterophylla* ao glyphosate, principal herbicida utilizado no mundo, ainda não são compreendidas. Essas são características fundamentais para definição da melhor estratégia de manejo dessa espécie.

Objetivou-se avaliar então a influência da luz e de diferentes doses de glyphosate na morfologia, fisiologia e controle de *E. heterophylla*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Euphorbia heterophylla*

A *E. heterophylla*, popularmente conhecida como leiteira ou amendoim bravo, é uma planta anual, lactescente, ereta, pouco ramificada, de 30 a 80 cm de altura e propagada por sementes (LORENZI, 2014). Suas folhas são glabras ou levemente pubescentes, de forma bastante variável, com margens inteiras ou recortadas (LORENZI, 2014). Espécie nativa da América tropical e subtropical (HUTCHINSON; DALZIEL, 1958) a *E. heterophylla* está amplamente distribuída em vários países ao redor do mundo, acometendo diversas culturas, anuais e perenes (WILSON, 1981).

O rápido crescimento inicial de *E. heterophylla* (WILSON, 1981) aliado a sua capacidade de germinar sob variadas condições de estresse (BRECKE, 1995) são as principais características que a tornam problema em áreas cultivadas. Este autor avaliou a germinação e emergência de *E. heterophylla* e encontrou altos índices nessas variáveis quando as sementes foram submetidas à amplitudes de pH e temperatura de 2,5 a 10 e 20 a 40° C respectivamente, potencial hídrico de até -0,8 MPa e emergência quando as sementes são plantadas até 14 cm de profundidade.

Estudos de competição em soja demonstram que aos 45 dias de convívio, a *E. heterophylla* nas densidades de 12 e 54 plantas/m² reduz a produtividade em 6,2 e 16,4% respectivamente. Já aos 115 dias de convívio, para as mesmas densidades, essa redução na produtividade chega a 22 e 50,4% respectivamente (CHEMALE; FLECK, 1982). Em amendoim, a *E. heterophylla* nas densidades de 16 e 32 plantas/9 m lineares reduziu a produtividade em torno de 40 a 50% respectivamente (BRIDGES; BRECKE; BARBOUR, 1992).

Além dos problemas relacionados à competição, a *E. heterophylla* é hospedeira de patógenos como o begomovirus *Euphorbia mosaic virus* que infecta culturas de tomate (ZAMBRANO, RODRÍGUEZ, MARYS, 2012) e maracujá (POLSTON *et al.*, 2017) e apresenta problemas de controle com casos de baixo nível de resistência ao glyphosate (VIDAL *et al.*, 2007; AGOSTINETTO *et al.*, 2017; ULGUIM *et al.*, 2017), resistência cruzada aos herbicidas inibidores da ALS (GELMINI *et al.*, 2005) e resistência múltipla aos herbicidas inibidores da ALS e PPO (TREZZI *et al.*, 2005). A utilização de métodos de controle físico como a adição de palhada sobre o solo também não possui eficiência na redução da infestação dessa espécie (BITTENCOURT *et al.*, 2013).

Segundo Ferreira *et al.* (2003), as principais barreiras foliares a penetração de agroquímicos em *E. heterophylla* são o alto teor de cera epicuticular, a elevada densidade de laticíferos e a grande espessura da cutícula da face adaxial.

2.2 Influência do sombreamento na morfologia e fisiologia das plantas

A luz exerce grande influência no crescimento e desenvolvimento das plantas. As mudanças morfofisiológicas provocadas nas plantas pela luz são dependentes da sua intensidade e qualidade (HEO; LEE; PAEK, 2006; WANG *et al.*, 2009), que por sua vez variam conforme o ambiente (LI *et al.*, 2010).

Em ambientes sombreados, há redução da radiação disponível com aumento das proporções da luz nos comprimentos de onda vermelho distante e verde e redução nos comprimentos de onda vermelho e azul (FOLTA; MARUHNICH, 2007). Essa redução na relação entre o vermelho e o vermelho distante (V:VD) é percebida pelas plantas através dos fotorreceptores conhecidos como fitocromos, que se convertem da forma ativa para a forma inativa (HOLMES; SMITH, 1975; SMITH; HOLMES, 1977), desencadeando mudanças adaptativas para escapar ou tolerar o sombreamento (GOMMERS *et al.*, 2013; PIERIK; WIT, 2014).

As respostas das plantas a condições de baixa intensidade luminosa são diversas. As espécies de campos abertos tendem a acelerar a alongação do hipocótilo, internódios, pecíolo e epinastia de folhas (WHITELAM; JOHNSON, 1982; HALLIDAY; KOORNNEEF; WHITELAM, 1994; KEUSKAMP *et al.*, 2010). Essas adaptações servem para transpor o sombreamento e elevar as folhas acima do dossel da vegetação em competição. Já as plantas de ambientes de sub bosque apresentam estratégias diferentes. Devido à impossibilidade de superar o sombreamento imposto pelas plantas vizinhas, as taxas de crescimento em resposta a baixa relação V:VD é reduzida, e as respostas fisiológicas para maior aproveitamento da pouca radiação incidente são mais intensas (BOARDMAN, 1977; MORGAN; SMITH, 1979; AASAMAA; APHALO, 2016).

De maneira geral, o sombreamento pode reduzir a densidade de estômatos (JIANG *et al.*, 2011; BRODRIBB; JORDAN, 2011), diminuir a espessura das folhas (TERASHIMA *et al.*, 2006; JIANG *et al.*, 2011), aumentar a área foliar (VALLADARES *et al.*, 2000; NARDINI; PEDÁ; SALLEO, 2012; TUFFI SANTOS *et al.*, 2015), diminuir a densidade e o tamanho das nervuras das folhas (BRODRIBB; JORDAN, 2011; NARDINI; PEDÁ; SALLEO, 2012), reduzir a deposição de cutina e cera sobre as folhas (SKOSS, 1995), aumentar o teor de clorofila (VALLADARES *et al.*, 2000), diminuir a condutância estomática

(AASAMAA; SÖBER, 2011; JIANG *et al.*, 2011) e reduzir a taxa fotossintética (JIANG *et al.*, 2011).

Conhecer as mudanças morfofisiológicas provocadas pelo sombreamento é importante devido à influência desses fatores na produtividade e tolerância das plantas a herbicidas (MU *et al.*, 2010; SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2013).

2.3 Controle químico de plantas daninhas

A adoção do uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em função de outras práticas de manejo tem aumentado constantemente nos últimos anos. Dentre os principais motivos estão à escassez de mão de obra em áreas rurais, baixa eficiência de controle de outros métodos, menor emissão de gases de efeito estufa e maior conservação do solo (GIANESSI, 2013). Entretanto, apenas o uso de herbicidas como estratégia de manejo de plantas daninhas aliado ao uso incorreto desses produtos tem gerado problemas de controle através da seleção de biótipos de plantas resistentes (HEAP, 2018) e ambiental com a contaminação do solo e da água (HVEZDOVÁ *et al.*, 2018; PENG *et al.*, 2018).

A atividade biológica dos herbicidas nas plantas é função da sua absorção, translocação, do metabolismo e da sensibilidade da planta a este herbicida e/ou a seus metabólitos (SILVA *et al.*, 2007). Esses fatores podem ser influenciados pelos fatores ambientais como temperatura do ar, umidade relativa, luz e teores de umidade no solo e na planta (SILVA *et al.*, 2007) e conseqüentemente alterar a eficiência de controle dos herbicidas (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2013; SHARPE *et al.*, 2018).

O glyphosate é um herbicida sistêmico, não seletivo, de amplo espectro de ação, de baixa toxicidade a mamíferos (WILLIAMS; KROES; MUNRO, 2000) e baixo impacto ambiental (GIESY; DOBSON; SOLOMON, 2000). É considerado um dos melhores herbicidas existentes e o mais utilizado no mundo, muito em função do seu amplo espectro de ação, baixo custo e do advento dos transgênicos resistentes ao seu mecanismo de ação (DUKE; POWLES, 2008).

O glyphosate é um inibidor da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) (STEINRUCKEN; AMRHEIN, 1980) e em decorrência dessa inibição ocorre a paralisação da conversão de chiquimato em corismato, resultando em um acúmulo de chiquimato nos tecidos das plantas (AMRHEIN *et al.*, 1980). Essa rota metabólica do chiquimato é responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano que, por sua vez, são precursores de compostos importantes para as plantas como alcalóides, fitoalexinas, auxina, quinonas, flavonóides, taninos e ligninas (MAEDA;

DUDAREVA, 2012). Devido aos vários compostos essenciais que são oriundos dessa rota, ao ser inibida, provoca a morte da planta.

Alguns estudos testando o controle de *E. heterophylla* com glyphosate já foram realizados (VIDAL *et al.*, 2007; VARGAS *et al.*, 2011). Embora esses estudos tenham encontrado diferenças de controle entre os biótipos testados, todos eles são controlados com a aplicação da dose comercial do produto, evidenciando baixo nível de resistência de *E. heterophylla* ao glyphosate. Os experimentos citados foram todos conduzidos sob insolação plena, ficando desconhecido o comportamento dessa espécie em ambientes sombreados e a influência desse fator na resposta de *E. heterophylla* ao glyphosate.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante os meses de agosto a novembro de 2018 em área localizada na longitude e latitude de 43°50'18.31"W e 16°40'59.22"S respectivamente. O clima da região é classificado por Köppen, como Aw - tropical com estação seca no inverno.

As sementes de *E. heterophylla* foram coletadas de diferentes plantas a campo e as mudas produzidas em bandejas de isopor contendo substrato comercial de fibra de coco e turfa de *sphagnum*. Aos 21 dias após o plantio, quando atingiram o estágio de 2 pares de folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para vasos de 12 L contendo solo de textura média. O solo utilizado apresentou as seguintes características químicas: pH em água de 6,3; P de 1,89 mg dm⁻³; K de 81 mg dm⁻³; Ca de 6,7 cmol_c dm⁻³; Mg de 2,06 cmol_c dm⁻³; Al de 0 cmol_c dm⁻³; H + Al de 1,82 cmol_c dm⁻³; SB de 8,97 cmol_c dm⁻³; t de 8,97 cmol_c dm⁻³; V de 83% e teor de matéria orgânica de 3,08 dag kg⁻¹. Para adubação do solo utilizou-se 3 g de fósforo e 1 g de nitrogênio por vaso, nas formulações super simples (18% de P₂O₅) e uréia (45% de N), respectivamente.

A unidade experimental foi constituída por vasos de 12 L contendo 01 planta por vaso. A umidade do solo foi mantida próximo da capacidade de campo por meio de irrigações realizadas uma vez ao dia.

O delineamento adotado foi o de blocos casualizados com 04 repetições. Os tratamentos foram estabelecidos em esquema fatorial 3 x 6, onde o primeiro fator foi constituído por plantas a pleno sol e 2 níveis de sombreamento (40% ± 0,69 e 65% ± 0,60 de sombreamento) e o segundo fator de seis doses do herbicida glyphosate (0, 370, 740, 1110, 1480 e 1850 g i. a. ha⁻¹). Os sombreamentos foram obtidos por meio de tela sombrite de polipropileno cor preta. A incidência de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no interior

dos ambientes foi aferida utilizando-se o aparelho Y(II) Reliable Y(II) measurement Leaf absorptance measurement, OPTI-SCIENCES (Figura 1).

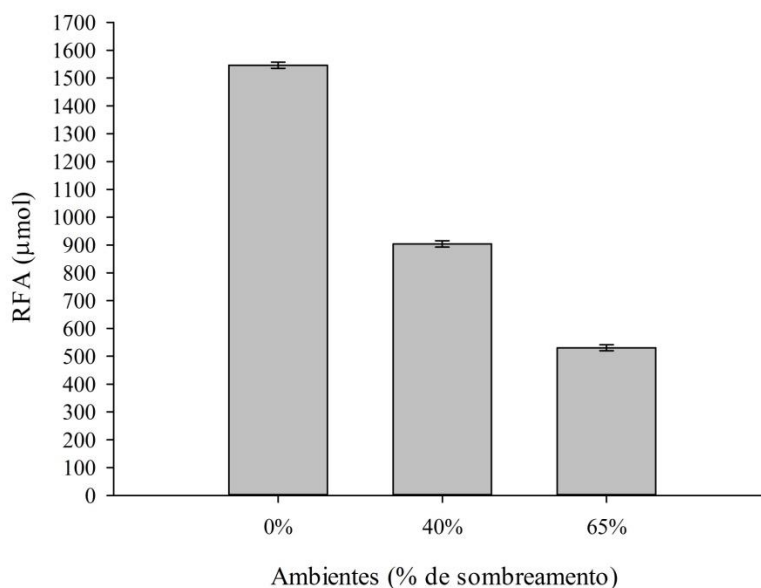


Figura 1. Incidência de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no interior dos ambientes: pleno sol ou 0% de sombreamento, 40% de sombreamento e 65% de sombreamento

Com o objetivo de caracterizar a área média por folha de *E. heterophylla* em função dos ambientes de crescimento, 2 dias antes da aplicação do herbicida foi realizada coleta de folhas das plantas testemunhas. Folhas completamente expandidas localizadas no 7º nó foram coletadas e digitalizadas por meio de scanner e as imagens usadas para determinação da área média por folha através do programa Image-Pro Plus.

A calda contendo as doses do herbicida foi aplicada 26 dias após o transplântio das mudas, quando as plantas já se encontravam no estágio inicial de floração. A aplicação foi realizada por meio de pulverizador costal pressurizado a CO₂ equipado com barra possuindo ponta modelo AVI110-02 e válvula reguladora de pressão constante a 300 KPA, regulado para aplicação de volume de 130 L ha⁻¹ de calda.

Aos 3 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas avaliou-se a produtividade quântica do fotossistema II (Y (II)) com auxílio do aparelho fluorômetro (Y(II) Reliable Y(II) measurement Leaf absorptance measurement, OPTI-SCIENCES).

Foram realizadas avaliações visuais de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAA, adotando-se a escala de 0 a 100%, onde 0 é a inexistência de efeitos tóxicos provocados pelo herbicida e 100 a morte total dos tecidos vegetais conforme metodologia de ALAM (1974). Aos 28 DAA dos herbicidas foi realizada a coleta e pesagem das plantas para obtenção da

biomassa fresca remanescente após aplicação e posteriormente foram colocadas em estufa de ventilação forçada a 65° C por 72 horas para avaliação da massa da matéria pré seca e calculado o teor de matéria pré-seca. Os dados de controle e teor de matéria pré-seca foram analisados descritivamente com auxílio do erro padrão da média. Os demais resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e quando significativos, para interação entre os fatores foi realizado os desdobramentos e para os efeitos simples, as médias qualitativas foram comparadas ao teste de média tukey a 5% de significância e as médias quantitativas a análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico R Studio versão 3.3.1 (R Core Team, 2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sombreamento aumentou a sensibilidade de *E. heterophylla* à ação do herbicida glyphosate (Figura 2). O maior controle das plantas sombreadas pode ser observado já aos 7 DAA, porém, fica mais evidente aos 14, 21 e 28 DAA, na dose de 740 g ha⁻¹ de glyphosate no ambiente de 65% de sombreamento e nas doses de 1110, 1480 e 1850 g ha⁻¹ de glyphosate nos ambientes de 40 e 65% de sombreamento em comparação as plantas a pleno sol.

A pleno sol, nenhuma das doses aplicadas de glyphosate foi eficiente no controle de *E. heterophylla* (Figura 2). A média de controle obtida nesse ambiente nas maiores doses (1480 e 1850 g ha⁻¹ de glyphosate) foi de 75%, considerada insatisfatória. Entretanto, sob condições de sombreamento, as doses de 1110, 1480 e 1850 g ha⁻¹ de glyphosate são eficientes no controle de *E. heterophylla*, com médias de controle acima de 90%.

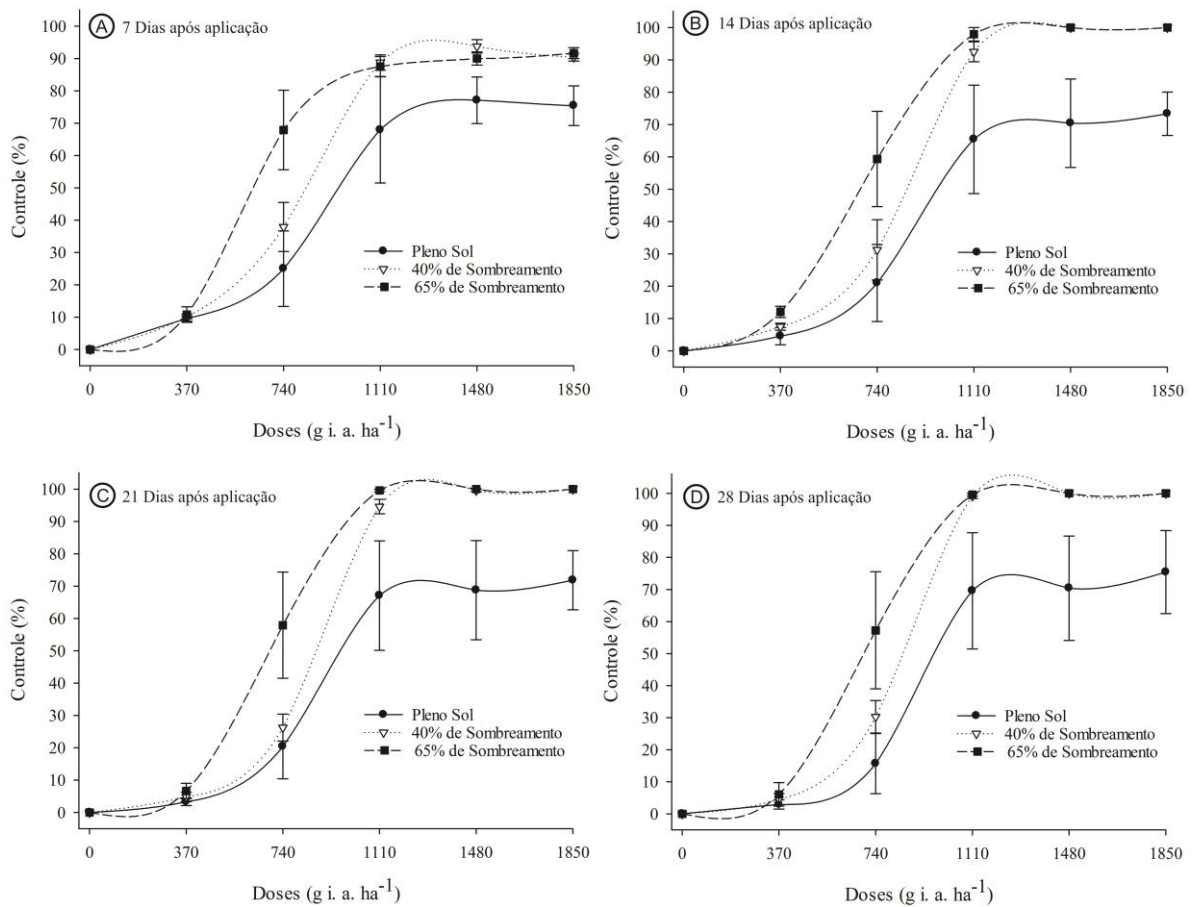


Figura 2. Controle de *Euphorbia heterophylla* aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) das doses do herbicida glyphosate em ambientes com diferentes intensidades de luz

O baixo nível de controle de *E. heterophylla* obtido após aplicação das doses de 370 e 740 g ha⁻¹ de glyphosate nos três ambientes de cultivo (Figura 2D) também pode ser observado no baixo teor de matéria pré-seca dessas plantas (Figura 3B). Entretanto, apesar do baixo nível de controle observado na dose de 740 g ha⁻¹ de glyphosate, as plantas em sombreamento foram mais sensíveis à ação do herbicida glyphosate (Figura 2D), provocando maiores reduções na massa fresca das plantas, quando comparadas as plantas testemunhas e ao ambiente a pleno sol (Figura 3A). A maior eficiência do glyphosate em ambientes sombreados, nas doses de 1110, 1480 e 1850 g ha⁻¹ pode ser observado pelo maior nível de controle (Figura 2D), pela maior redução da massa fresca e maior teor de matéria pré-seca (Figura 3AB) obtida nesses ambientes em comparação ao ambiente a pleno sol. Os menores teores de matéria pré-seca observados aos 28 DAA das doses do herbicida glyphosate no ambiente a pleno sol indica maiores teores de água nos tecidos das plantas e, conseqüentemente, maior atividade biológica com possibilidades de rebrota. Em

contrapartida, o maior teor de matéria pré seca de *E. heterophylla* em ambientes sombreados significa menor teor de água e morte dos tecidos das plantas.

Plantas de *E. heterophylla* crescidas nos ambientes de 40 e 65% de sombreamento, apresentaram, respectivamente, maior e menor produtividade de massa fresca da parte aérea em comparação com os indivíduos mantidos à pleno sol. Por outro lado, após a aplicação de 370 g ha⁻¹ de glyphosate as plantas de *E. heterophylla* apresentaram incremento na produtividade de massa fresca nos ambientes a pleno sol e 65% de sombreamento em comparação as plantas testemunhas (Figura 3A).

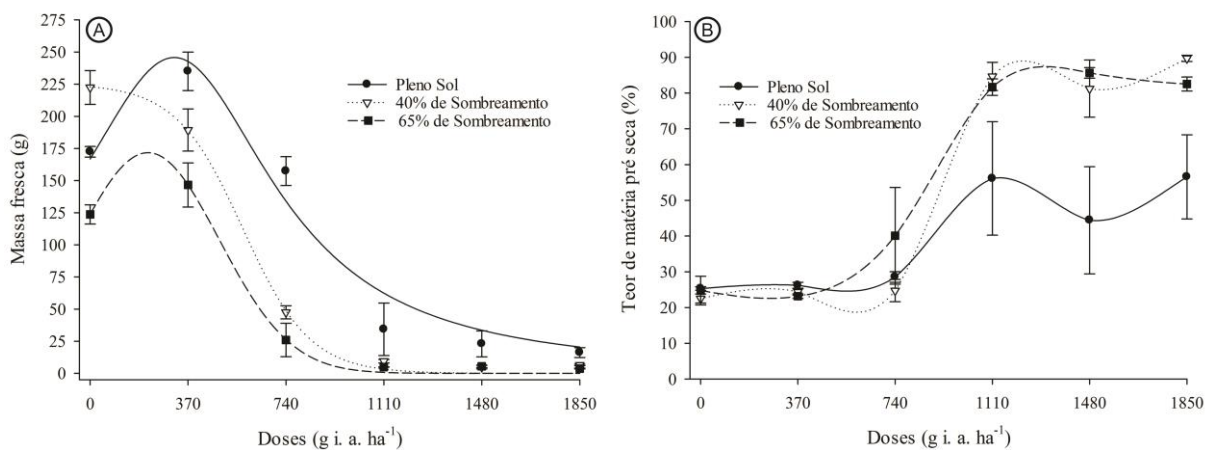


Figura 3. Massa fresca (A) e teor de matéria pré seca (B) de *Euphorbia heterophylla* aos 28 dias após aplicação (DAA) das doses do herbicida glyphosate em ambientes com diferentes intensidades de luz

Tabela 1. Equações e ajuste dos dados referentes às análises de regressão da figura 3A

Ambientes	Equações de Massa fresca	R ²
Pleno Sol	$Y = 245,7367^{**}/1+(x-318,0297^{**}/462,1527^{**})^2$	0,95
40% de Sombreamento	$Y = 225,2977^{**}/1+\exp[-(x-576,8047^{**}/-126,5174^{**})]$	0,99
65% de Sombreamento	$Y = 269,2885^{**} \exp[-0,5(x-218,2264^{**}/269,2885^{**})^2]$	0,99

Para que um herbicida exerça sua ação tóxica é necessário que ele penetre na planta, transloque e atinja a organela onde irá atuar. Segundo Ferreira *et al.* (2003) as principais barreiras foliares à penetração de herbicidas em *E. heterophylla* são o alto teor de cera epicuticular, a elevada densidade de laticíferos e a grande espessura da cutícula da face adaxial. O sombreamento reduz a deposição de cutina e cera sobre as folhas (SKOSS, 1995),

enfraquecendo uma das principais barreiras à penetração de herbicidas nessa espécie, o que pode ter aumentado a absorção do glyphosate e conseqüentemente o seu controle.

As plantas em ambientes sombreados investem maior quantidade de recursos na parte aérea, principalmente no crescimento de pecíolos em função do crescimento de raízes (ARTRU *et al.*, 2018). Essa é uma estratégia utilizada para superar o sombreamento imposto pelo dossel das plantas vizinhas e melhorar a captação de luz (PIERIK; WIT, 2014). Entretanto, em situações onde essa superação não ocorre, como no presente estudo, as plantas despendem energia em vão. Com maior gasto de recursos no crescimento da parte aérea, as plantas em ambientes sombreados possuem menor quantidade de energia para metabolizar o herbicida e se recuperar dos danos fitotóxicos causados, o que resulta em maior controle das plantas nesse ambiente.

O sombreamento também aumentou em média 56% a área média das folhas de *E. heterophylla* em comparação as plantas cultivadas a pleno sol (Figura 4).

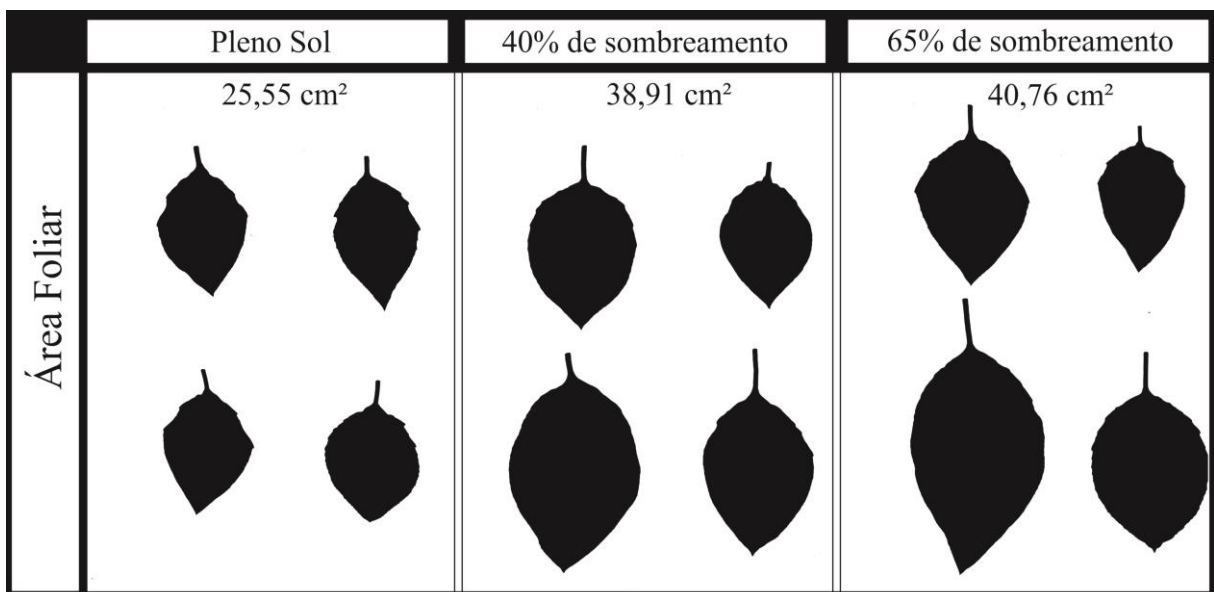


Figura 4. Área média das folhas de *Euphorbia heterophylla* em função de diferentes ambientes de crescimento

A expansão do limbo foliar das plantas em ambientes com restrição luminosa é uma adaptação morfológica para aumentar a interceptação e captação de luz (LI *et al.*, 2010). A maior área média das folhas também aumenta a eficiência da aplicação de herbicidas, favorecendo a interceptação e captação da calda pulverizada, fazendo com que uma maior parte do ingrediente ativo atinja o alvo.

A maior eficiência de aplicação de herbicidas aliado a menor barreira à penetração desses produtos e a menor energia disponível nas plantas podem ser as principais causas do aumento da eficiência do glyphosate no controle de *E. heterophylla* em sombreamento. Resultados semelhantes aos do presente estudo foram encontrados por Moosavi-nia e Dore (1979) e Santos Júnior *et al.* (2013) que observaram maior controle de *Imperata cylindrica*, *Commelina benghalensis* e *Cyperus rotundus* com glyphosate em plantas sombreadas em comparação as plantas a pleno sol.

A maior e menor produtividade de massa fresca de *E. heterophylla* na dose 0, no ambiente de 40 e 65% de sombreamento em comparação as plantas a pleno sol, respectivamente (Figura 2A), esta relacionado ao metabolismo C3 presente nessa espécie e a intensidade de luz incidente nos ambientes.

As plantas de metabolismo C3 apresentam baixo ponto de saturação por luz, atingindo a fotossíntese máxima com aproximadamente 25% do total da radiação fotossinteticamente ativa (ORT; ZHU; MELIS, 2011). Além disso, com o aumento da temperatura, há um aumento da fotorrespiração nas plantas C3 (WALKER *et al.*, 2016). No metabolismo da fotorrespiração, 25% do carbono fixado é perdido sob a forma de CO₂ (SAGE; SAGE; KOCACINAR, 2012), reduzindo o acúmulo de biomassa das plantas. Li *et al.* (2010) observaram aumento de 2 a 3° C na temperatura de ambientes a pleno sol em comparação a ambientes sombreados. Os níveis de sombreamento utilizados por Li *et al.* (2010) foram muito inferiores aos do presente estudo, o que pode aumentar a amplitude térmica e os níveis de fotorrespiração entre os ambientes.

Mu *et al.* (2010) encontraram reduções na produtividade de duas cultivares de *Triticum aestivum* quando submetidas a sombreamentos mais intensos, enquanto Li *et al.* (2010) observaram para as mesmas cultivares aumentos de produtividade sob baixos níveis de sombreamento, em comparação ao ambiente a pleno sol. Em contrapartida, Tuffi Santos *et al.* (2013), avaliando a plasticidade fenotípica de duas espécies de plantas forrageiras de metabolismo C3, em condições similares ao do presente estudo, encontraram aumentos na produtividade de massa verde dessas plantas quando submetidas ao ambiente de 50% de sombreamento em comparação aos ambientes de 30% de sombreamento e a pleno sol. Esses resultados indicam que o aumento de produtividade de plantas C3 cultivadas em ambientes com restrição luminosa são dependentes da espécie e do grau de sombreamento imposto.

No presente estudo, a incidência de radiação fotossinteticamente ativa no ambiente de 40% de sombreamento parece ser suficiente para promover taxas fotossintéticas semelhantes às plantas a pleno sol, porém, com menores índices de fotorrespiração,

proporcionando maior produtividade de massa fresca. Entretanto, o ambiente de 65% de sombreamento pode ter reduzido a radiação a ponto de comprometer a taxa fotossintética de *E. heterophylla*, e com isso, reduzir a fixação de carbono e o acúmulo de biomassa.

A hormese é um fenômeno onde o crescimento das plantas é estimulado após serem expostas a baixas doses de herbicidas, dentre eles, o glyphosate (BRITO *et al.*, 2018). Entretanto, a maior massa fresca observada nos ambientes a pleno sol e 65% de sombreamento após aplicação da dose de 370 g i. a. ha⁻¹ (Figura 3A), não pode ser atribuído a esse fenômeno. O aumento da produtividade ocorreu em função dos sintomas fitotóxicos provocados por essa dose e o estágio fenológico das plantas no momento da aplicação do herbicida. No momento da aplicação, as plantas se encontravam no início do florescimento, portanto, já no estágio reprodutivo. Plantas no estágio reprodutivo reduzem seu crescimento vegetativo em função da produção de frutos e sementes. A dose de 370 g ha⁻¹ de glyphosate provocou a morte do meristema apical e abortamento das flores, interrompendo a fase reprodutiva, induzindo o desenvolvimento de gemas laterais e estendendo a fase vegetativa, aumentando o ciclo e a produtividade de *E. heterophylla* em comparação as plantas testemunhas.

As plantas de *E. heterophylla* cultivadas em sombreamento apresentaram maior Y (II) em comparação às plantas a pleno sol (Tabela 2). Para essa variável na houve interação entre os fatores.

Tabela 2. Produtividade quântica do fotossistema II (Y (II)) de *Euphorbia heterophylla* em ambientes com diferentes intensidades de luz

Ambientes	Y (II)
Pleno Sol	0,290 b
40% de Sombreamento	0,372 a
65% de Sombreamento	0,400 a
CV (%)	24,55

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

As plantas cultivadas a pleno sol estão expostas a níveis de radiação superiores, e por isso, estão sujeitas a maior estresse provocado pelo excesso de luz. Uma forte evidência disso esta relacionada à maior concentração de carotenóides em plantas sob maiores níveis de

radiação, como o β -caroteno, a luteína e os pigmentos do ciclo da xantofila, responsáveis pela proteção do aparelho fotossintético e dissipação do excesso de energia sob a forma de calor (BARKER; ADAMS, 1997; AJMI *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2018).

A conversão da energia absorvida da luz em calor, também conhecido como *quenching* não fotoquímico, ajuda na proteção do aparelho fotossintético, porém, é um processo que compete com a fotoquímica, reduzindo a produtividade quântica do fotossistema II. Barker e Adams (1997) encontraram menor eficiência do fotossistema II nas faces de cladódios com maiores concentrações de carotenóides e expostas a maiores níveis de radiações em *Opuntia macrorhiza*. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Hazrati *et al.* (2016), que também observaram maior teor de pigmentos fotoprotetores (antocianinas), menor eficiência do fotossistema II e maior *quenching* não fotoquímico em plantas de *Aloe vera* a pleno sol em comparação as plantas cultivadas em sombreamento. Li *et al.* (2010) atribuem a maior eficiência do fotossistema II e o menor *quenching* não fotoquímico em ambientes sombreados a maior quantidade de pigmentos fotossintéticos e ao menor dano ao fotossistema II encontrados nessas plantas, que aumentam a absorção de luz e reduz a sua dispersão sob formas que não sejam a fotoquímica.

Os aumentos das doses do herbicida glyphosate reduziram a Y (II) de *E. heterophylla*, independente do ambiente de cultivo (Figura 5).

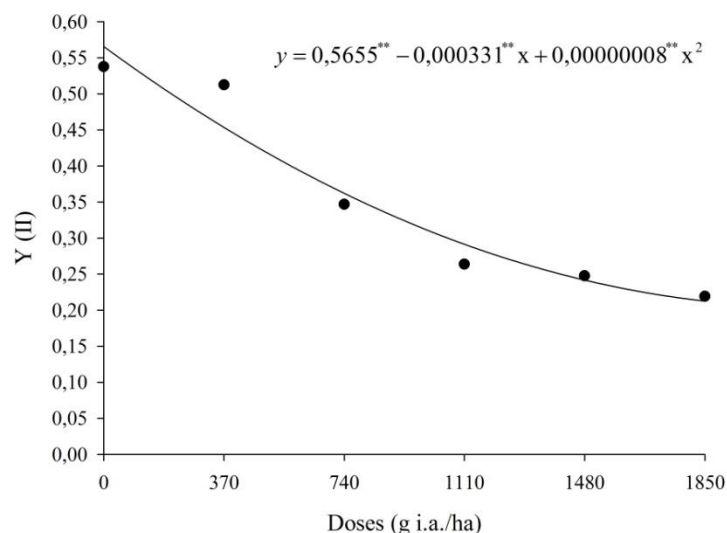


Figura 5. Produtividade quântica do fotossistema II (Y (II)) de *Euphorbia heterophylla* após aplicação de diferentes doses do herbicida glyphosate

O glyphosate é um herbicida inibidor da síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. O aminoácido tirosina é um precursor da plastoquinona (MAEDA; DUDAREVA, 2012), importante receptor de elétrons da cadeia transportadora de elétrons entre o fotossistema II e I (TAIZ; ZEIGER, 2013). A inibição da produção da tirosina após aplicação do glyphosate pode comprometer a produção da plastoquinona. A eritrose-4-fosfato também participa na rota do chiquimato (MAEDA; DUDAREVA, 2012) e é um composto importante na regeneração da ribulose-1,5-bisfosfato no ciclo de Calvin-Benson (TAIZ; ZEIGER, 2013). A desregulação da eritrose-4-fosfato na rota do chiquimato após aplicação do herbicida glyphosate reduz os níveis de ribulose-1,5-bisfosfato no ciclo de Calvin-Benson, e concomitante com a redução da produção da plastoquinona, reduz o transporte de elétrons causando fotoinibição do fotossistema II (CHRISTENSEN; TEICHER; STREIBIG, 2003). O maior contato com o glyphosate em doses elevadas desse herbicida aumenta a intensidade desses processos, reduzindo a quantidade de energia que é utilizada na fotoquímica e, portanto, a produtividade quântica do fotossistema II.

5. CONCLUSÃO

O sombreamento aumenta a sensibilidade de *E. heterophylla* ao herbicida glyphosate. Nos ambientes de 40 e 65% de sombreamento as doses de 1110, 1480 e 1850 g ha⁻¹ de glyphosate são recomendadas para o controle dessa espécie. A pleno sol, as plantas de *E. heterophylla* são mais tolerantes, não sendo recomendada nenhuma das doses testadas para o seu controle. O sombreamento aumenta a área média das folhas e a Y(II) de *E. heterophylla* em comparação ao ambiente a pleno sol. A aplicação de glyphosate provoca reduções na Y(II) das plantas, independente do ambiente de cultivo.

6. REFERÊNCIAS

AASAMAA, K.; APHALO, P. J. Effect of Vegetational Shade and Its Components on Stomatal Responses to Red, Blue and Green Light in Two Deciduous Tree Species with Different Shade Tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 121, p. 94–101, jan. 2016.

AASAMAA, K.; SÖBER, A. Stomatal Sensitivities to Changes in Leaf Water Potential, Air Humidity, CO₂ Concentration and Light Intensity, and the Effect of Abscisic Acid on the Sensitivities in Six Temperate Deciduous Tree Species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 71, n. 1, p. 72–78, abr. 2011.

AGOSTINETTO, D.; ULGUIM, A. da R.; VARGAS, L.; SILVA, J. D. G. da; LANGARO, A. C. Morphophysiological characterization of wild poinsettia biotypes with low resistance to glyphosate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 11, p. 987–996, nov. 2017.

AJMI, A.; VÁZQUEZ, S.; MORALES, F.; CHAARI, A.; EL-JENDOUBI, H.; ABADÍA, A.; LARBI, A. Prolonged Artificial Shade Affects Morphological, Anatomical, Biochemical and Ecophysiological Behavior of Young Olive Trees (Cv. Arbosana). **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 275–284, nov. 2018.

ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

AMRHEIN, N.; DEUS, B.; GEHRKE, P.; STEINRUCKEN, H. C. The Site of the Inhibition of the Shikimate Pathway by Glyphosate: II. INTERFERENCE OF GLYPHOSATE WITH CHORISMATE FORMATION IN VIVO AND IN VITRO. **PLANT PHYSIOLOGY**, v. 66, n. 5, p. 830–834, 1 nov. 1980.

ARTRU, S.; LASSOIS, L.; VANCUTSEM, F.; REUBENS, B.; GARRÉ, S. Sugar Beet Development under Dynamic Shade Environments in Temperate Conditions. **European Journal of Agronomy**, v. 97, p. 38-47, jul. 2018.

BARKER, D. H.; ADAMS III., W. W. The xanthophyll cycle and energy dissipation in differently oriented faces of the cactus *Opuntia macrorhiza*. **Oecologia**, v. 109, n. 3, p. 353–361, 7 fev. 1997.

BITTENCOURT, H. von. H; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J.; LANA, M. A.; ALTIERI, M. A.; COSTA, M. D.; GOMES, J. C. Effect of Winter Cover Crop Biomass on Summer Weed Emergence and Biomass Production. **Journal of Plant Protection Research**, v. 53, n. 3, p. 248–252, 1 jul. 2013.

BOARDMAN, N. K. Comparative Photosynthesis of Sun and Shade Plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 28, n. 1, p. 355–377, jun. 1977.

BRECKE, B. J. Wild Poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) Germination and Emergence. **Weed Science**, v. 43, n. 1, p. 103-106, jan. 1995.

BRITO, I. P.; TROPALDI, L.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Hormetic Effects of Glyphosate on Plants: Glyphosate Hormesis. **Pest Management Science**, v. 74, n. 5, p. 1064–1070, maio 2018.

BRIDGES, D. C.; BRECKE, B. J.; BARBOUR, J. C. Wild Poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) Interference with Peanut (*Arachis hypogaea*). **Weed Science**, v. 40, n. 1, p. 37-42, jan. 1992.

BRODRIBB, T. J.; JORDAN, G. J. Water Supply and Demand Remain Balanced during Leaf Acclimation of *Nothofagus Cunninghamii* Trees. **New Phytologist**, v. 192, n. 2, p. 437–448, out. 2011.

CHEMALE, V. M.; FLECK, N. G. Avaliação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)

em competição com *Euphorbia heterophylla* L. sob três densidades e dois períodos de ocorrência. **Planta Daninha**, v. 5, n. 2, p. 36–45, dez. 1982.

CHRISTENSEN, M. G.; TEICHER, H. B.; STREIBIG, J. C. Linking Fluorescence Induction Curve and Biomass in Herbicide Screening. **Pest Management Science**, v. 59, n. 12, p. 1303–1310, dez. 2003.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: A Once-in-a-Century Herbicide. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 319–325, abr. 2008.

FERREIRA, E. A.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil: IV - *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus spinosus*, *Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 263–271, ago. 2003.

FOLTA, K. M.; MARUHNICH, S. A. Green Light: A Signal to Slow down or Stop. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 12, p. 3099–3111, 13 jul. 2007.

GELMINI, G. A.; VICTÓRIA FILHO, R.; NOVO, M. do C. de S. S.; ADORYAN, M. L. Resistance of *Euphorbia Heterophylla* L. to ALS-inhibiting herbicides in soybean. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 5, p. 452–457, out. 2005.

GIANESSI, L. P. The Increasing Importance of Herbicides in Worldwide Crop Production: The Increasing Importance of Herbicides. **Pest Management Science**, v. 69, n. 10, p. 1099–1105, out. 2013.

GIESY, J. P.; DOBSON, S.; SOLOMON, K. R. Ecotoxicological Risk Assessment of Roundup Herbicide. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 167, n. , p. 35-120, 2000.

GOMMERS, C. M. M.; VISSER, E. J. W.; ONGE, K. R. S.; VOESENEK, L. A. C. J.; PIERIK, R. Shade Tolerance: When Growing Tall Is Not an Option. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 2, p. 65–71, fev. 2013.

HALLIDAY, K. J.; KOORNNEEF, M.; WHITELAM, G. C. Phytochrome B and at Least One Other Phytochrome Mediate the Accelerated Flowering Response of *Arabidopsis Thaliana* L. to Low Red/Far-Red Ratio. **Plant Physiology**, v. 104, n. 4, p. 1311–1315, 1 abr. 1994.

HAZRATI, S.; TAHMASEBI-SARVESTANI, Z.; MODARRES-SANAVY, S. A. M.; MOKHTASSI-BIDGOLI, A.; NICOLA, S. Effects of Water Stress and Light Intensity on Chlorophyll Fluorescence Parameters and Pigments of *Aloe Vera* L. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 106, p. 141–148, set. 2016.

HEAP, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Available at www.weedscience.org. Monday, August 13, 2018.

HEO, J. W.; LEE, C. W.; PAEK, K. Y. Influence of Mixed LED Radiation on the Growth of Annual Plants. **Journal of Plant Biology**, v. 49, n. 4, p. 286–290, ago. 2006.

HOLMES, M. G.; SMITH, H. The Function of Phytochrome in Plants Growing in the Natural Environment. **Nature**, v. 254, n. 5500, p. 512–514, abr. 1975.

HUTCHINSON, J.; DALZIEL, J. M. (1958). *Flora of West Tropical Africa, Vol I* (id, 2nd edition revised by R. W. J. Keay, (1973). Crown Agents for Overseas Governments and Administrations, London, pp. 297-828.

HVĚZDOVÁ, M.; KOSUBOVÁ, P.; KOŠÍKOVÁ, M.; SCHERR, K. E.; ŠIMEK, Z.; BRODSKÝ, L.; ŠUDOMA, M.; ŠKULCOVÁ, L.; SÁŇKA, M.; SVOBODOVÁ, M.; KRKOŠKOVÁ, L.; VAŠÍČKOVÁ, J.; NEUWIRTHOVÁ, N.; BIELSKÁ, L.; HOFMAN, J. Currently and Recently Used Pesticides in Central European Arable Soils. **Science of The Total Environment**, v. 613–614, p. 361–370, fev. 2018.

JIANG, C. D.; WANG, X.; GAO, H.-Y.; SHI, L.; CHOW, W. S. Systemic Regulation of Leaf Anatomical Structure, Photosynthetic Performance, and High-Light Tolerance in Sorghum. **PLANT PHYSIOLOGY**, v. 155, n. 3, p. 1416–1424, 1 mar. 2011.

KEUSKAMP, D. H.; POLLMANN, S.; VOESENEK, L. A. C. J.; PEETERS, A. J. M.; PIERIK, R. Auxin Transport through PIN-FORMED 3 (PIN3) Controls Shade Avoidance and Fitness during Competition. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 52, p. 22740–22744, 28 dez. 2010.

LI, H.; JIANG, D.; WOLLENWEBER, B.; DAI, T.; CAO, W. Effects of Shading on Morphology, Physiology and Grain Yield of Winter Wheat. **European Journal of Agronomy**, v. 33, n. 4, p. 267–275, nov. 2010.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Sétima edição [revisada e atualizada] ed. Nova Odessa, SP, Brasil: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2014.

MAEDA, H.; DUDAREVA, N. The Shikimate Pathway and Aromatic Amino Acid Biosynthesis in Plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, n. 1, p. 73–105, 2 jun. 2012.

MOOSAVI-NIA, H.; DORE, J. Factors Affecting Glyphosate Activity in *Imperata Cylindrica* (L.) Beauv. and *Cyperus Rotundus* L. II: Effect of Shade. **Weed Research**, v. 19, n. 5, p. 321–327, out. 1979.

MORGAN, D. C.; SMITH, H. A Systematic Relationship between Phytochrome-Controlled Development and Species Habitat, for Plants Grown in Simulated Natural Radiation. **Planta**, v. 145, n. 3, p. 253–258, 1979.

MU, H.; JIANG, D.; WOLLENWEBER, B.; DAI, T.; JING, Q.; CAO, W. Long-Term Low Radiation Decreases Leaf Photosynthesis, Photochemical Efficiency and Grain Yield in Winter Wheat. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 196, n. 1, p. 38–47, fev. 2010.

NARDINI, A.; PEDÁ, G.; SALLES, S. Alternative Methods for Scaling Leaf Hydraulic Conductance Offer New Insights into the Structure - Function Relationships of Sun and Shade Leaves. **Functional Plant Biology**, v. 39, n. 5, p. 394, 2012.

ORT, D. R.; ZHU, X.; MELIS, A. Optimizing Antenna Size to Maximize Photosynthetic Efficiency. **PLANT PHYSIOLOGY**, v. 155, n. 1, p. 79–85, 1 jan. 2011.

PENG, Y.; FANG, W.; KRAUSS, M.; BRACK, W.; WANG, Z.; LI, F.; ZHANG, X. Screening Hundreds of Emerging Organic Pollutants (EOPs) in Surface Water from the Yangtze River Delta (YRD): Occurrence, Distribution, Ecological Risk. **Environmental Pollution**, v. 241, p. 484–493, out. 2018.

PIERIK, R.; DE WIT, M. Shade Avoidance: Phytochrome Signalling and Other Aboveground Neighbour Detection Cues. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 11, p. 2815–2824, 1 jun. 2014.

POLSTON, J. E.; LONDOÑO, M. A.; COHEN, A. L.; PADILLA-RODRIGUEZ, M.; ROSARIO, K.; BREITBART, M. Genome Sequence of *Euphorbia Mosaic Virus* from Passionfruit and *Euphorbia Heterophylla* in Florida. **Genome Announcements**, v. 5, n. 9, 2 mar. 2017. Disponível em: <<http://genomea.asm.org/lookup/doi/10.1128/genomeA.01714-16>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

SAGE, R. F.; SAGE, T. L.; KOCACINAR, F. Photorespiration and the Evolution of C4 Photosynthesis. **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, n. , p. 19-47, jan. 2012.

R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. **Vienna: R Foundation for Statistical Computing**, 2017.

SANTOS JÚNIOR, A.; TUFFI SANTOS, L. D.; COSTA, G. .; BARBOSA, E. .; LEITE, G. L. .; MACHADO, V. G.; CRUZ, L. R. D. Manejo de tiririca e trapoeraba com glyphosate em ambientes sombreados. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 213–221, mar. 2013.

SHARPE, S. M.; BOYD, N. S.; DITTMAR, P. J.; MACDONALD, G. E.; DARNELL, R. L. Effect of Temperature on Clopyralid Safety in Strawberry. **Weed Technology**, v. 32, n. 03, p. 347–351, jun. 2018.

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.

SKOSS, J. D. Structure and Composition of Plant Cuticle in Relation to Environmental Factors and Permeability. **Botanical Gazette**, v. 117, n. 1, p. 55–72, set. 1955.

SMITH, H.; HOLMES, M. G. THE FUNCTION OF PHYTOCHROME IN THE NATURAL ENVIRONMENT—III. MEASUREMENT AND CALCULATION OF PHYTOCHROME PHOTOEQUILIBRIA. **Photochemistry and Photobiology**, v. 25, n. 6, p. 547–550, jun. 1977.

STEINRÜCKEN, H. C.; AMRHEIN, N. The Herbicide Glyphosate Is a Potent Inhibitor of 5-Enolpyruvylshikimic Acid-3-Phosphate Synthase. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 94, n. 4, p. 1207–1212, jun. 1980.

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

TERASHIMA, I.; HANBA, Y. T.; TAZOE, Y.; VYAS, P.; YANO, S. Irradiance and Phenotype: Comparative Eco-Development of Sun and Shade Leaves in Relation to Photosynthetic CO₂ Diffusion. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 2, p. 343–354, 1 jan. 2006.

TREZZI, M.; FELIPPI, C.; MATTEI, D.; SILVA, H.; NUNES, A.; DEBASTIANI, C.; VIDAL, R.; MARQUES, A. Multiple Resistance of Acetolactate Synthase and Protoporphyrinogen Oxidase Inhibitors in *Euphorbia heterophylla* Biotypes. **Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 40, n. 1, p. 101–109, 1 jan. 2005.

TUFFI SANTOS, L. D.; CRUZ, L. R. D.; SANTOS, S. A. D.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; SANTOS, I. T. D.; OLIVEIRA, A. M. D.; BARROS, R. E.; SANTOS, M. V.; FARIA, R. M. Phenotypic plasticity of *Neonotonia wightii* and *Pueraria phaseoloides* grown under different light intensities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 1, p. 519–528, 24 fev. 2015.

ULGUIM, A. R.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; SILVA, J. D. G.; SILVA, B. M.; WESTENDORFF, N. R. Agronomic factors involved in low-level wild poinsettia resistance to glyphosate. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 1, p. 51–59, 30 mar. 2017.

VALLADARES, F.; MARTINEZ-FERRI, E.; BALAGUER, L.; PEREZ-CORONA, E.; MANRIQUE, E. Low Leaf-Level Response to Light and Nutrients in Mediterranean Evergreen Oaks: A Conservative Resource-Use Strategy?: RESEARCH Plastic Leaf Response to Light and Nutrients in Two Oaks. **New Phytologist**, v. 148, n. 1, p. 79–91, out. 2000.

VARGAS, L.; NOHATTO, M. .; AGOSTINETTO, D.; BIANCHI, M. .; GONÇALVES, E. .; TOLEDO, R. . Resposta de biótipos de *Euphorbia heterophylla* a doses de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 29, n. spe, p. 1121–1128, 2011.

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

WALKER, B. J.; VANLOOKE, A.; BERNACCHI, C. J.; ORT, D. R. The Costs of Photorespiration to Food Production Now and in the Future. **Annual Review of Plant Biology**, v. 67, n. 1, p. 107–129, 29 abr. 2016.

WANG, H.; GU, M.; CUI, J.; SHI, K.; ZHOU, Y.; YU, J. Effects of Light Quality on CO₂ Assimilation, Chlorophyll-Fluorescence Quenching, Expression of Calvin Cycle Genes and Carbohydrate Accumulation in *Cucumis Sativus*. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 96, n. 1, p. 30–37, jul. 2009.

WHITELAM, G. C.; JOHNSON, C. B. PHOTOMORPHOGENESIS IN IMPATIENS PARVIFLORA AND OTHER PLANT SPECIES UNDER SIMULATED NATURAL CANOPY RADIATIONS. **New Phytologist**, v. 90, n. 4, p. 611–618, abr. 1982.

WILLIAMS, G. M.; KROES, R.; MUNRO, I. C. Safety Evaluation and Risk Assessment of the Herbicide Roundup and Its Active Ingredient, Glyphosate, for Humans. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 31, n. 2, p. 117–165, abr. 2000.

WILSON, A. K. *Euphorbia Heterophylla*: A Review of Distribution, Importance and Control. **Tropical Pest Management**, v. 27, n. 1, p. 32–38, mar. 1981.

ZAMBRANO, K.; FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, T.; MARYS, E. Molecular Characterization of a New Begomovirus That Infects *Euphorbia Heterophylla* and *Solanum Lycopersicum* in Venezuela. **Archives of Virology**, v. 157, n. 2, p. 379–382, fev. 2012.

ZHANG, T.-J.; ZHENG, J.; YU, Z.-C.; GU, X.-Q.; TIAN, X.-S.; PENG, C.-L.; CHOW, W. S. Variations in Photoprotective Potential along Gradients of Leaf Development and Plant Succession in Subtropical Forests under Contrasting Irradiances. **Environmental and Experimental Botany**, v. 154, p. 23–32, out. 2018.