



TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO DE
Commelina benghalensis **E** *Bidens pilosa*
SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE SUBDOSES
DE GLYPHOSATE

RICARDO DE ANDRADE SILVA

2013

RICARDO DE ANDRADE SILVA

**TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO DE *Commelina benghalensis* E
Bidens pilosa SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE SUBDOSES DE
GLYPHOSATE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: *D.Sc.* Sylvana Naomi Matsumoto

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
BAHIA – BRASIL
2013

S583t

Silva, Ricardo de Andrade.

Trocas gasosas e crescimento de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate / Ricardo de Andrade Silva, 2013.

91f.: il.

Orientador (a): Sylvana Naomi Matsumoto.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Agronomia, Vitória da Conquista, BA, 2013.

Referências: f. 84-91.

1. Herbicidas. 2. Ervas daninhas – Controle. 3. *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. I. Matsumoto, Sylvana Naomi. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Agronomia. III. T.

CDD: 632.954

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

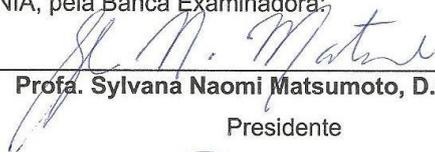
Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO DE *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* SUBMETIDAS À SUBDOSES DE GLYPHOSATE”

Autor: Ricardo de Andrade Silva

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:



Prof. Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc., UESB
Presidente



Prof. Alcebíades Rebouças São José, D.Sc., UESB



Prof. Tocio Sedyama, D.Sc., UFV

Data de realização: 14 de Junho de 2013.

Estrada do Bem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383 – Fax: (77)
3424-1059 – Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900
e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

In memoriam, a Firme Barro da Silva, Eucio dos Santos Rosa e Edna Andrade Rosa, meus avós queridos que se dedicaram a formar uma família alicerçada, mas que não estão mais neste plano para colher os frutos plantados;

À minha avó, Maria Barbosa da Silva, um pilar marmoriano em minha vida;

Aos meus pais, Elio de Andrade Rosa e Irani Barbosa da Silva Andrade, para os quais não há palavras que possam descrever a essencialidade em minha vida;

Aos meus irmãos, Tarcísio de Andrade Silva, Edna Maria de Andrade Silva e Elio Júnior de Andrade Silva, bases fortes na estabilidade e da serenidade de minhas decisões;

À Kelly Farias da Silva Nunes, pelos longos dias de espera, dedicação e apoio.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao ser supremo, que nos permite acordar e dormir, que nos dá tantos caminhos e oportunidades de vida a trilhar;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pelo aceite e aporte para realização e manutenção do curso;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia, pela manutenção dos custos e parceria no incentivo ao desenvolvimento da pesquisa:

À minha família, que no alto de sua simplicidade torna-se uma entidade duradoura e exemplo para os seus e outros;

À minha orientadora, professora, amiga e, muitas vezes, mãe insubstituível;

Aos meus mestres, Paulo Saran, Daniella Cantelli, Elisa Freitag, Adilson Alves, Ramon Vasconcelos e outros tantos;

Aos meus amigos de trabalho, de brincadeiras e de estudos, Luan Oliveira, Perla Novaes, Mirlene Nunes, Virgiane Silva, Greice Marques, Jerffrson Lucas, Aldo D'Arêde, Josué Fogaça.

Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.

Chico Xavier

RESUMO

SILVA, R. A. **Trocas gasosas e crescimento de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate.** Vitória da Conquista-BA: UESB, 2013. 112 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)*.

Os objetivos do presente estudo foram (i) verificar o efeito induzido de hormese e suas alterações nas trocas gasosas e (ii) avaliar o efeito das baixas doses de glyphosate no acúmulo de massa e alterações morfológicas em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. Os experimentos foram realizados na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia- Brasil. A instalação do experimento ocorreu em agosto de 2012, sendo as plantas cultivadas em vasos, organizados num delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições num esquema fatorial 7x2 (seis doses do herbicida glyphosate mais a testemunha, 0, 0,45, 0,90, 1,35, 1,80, 2,25 e 2,70 g e.a. ha⁻¹ e duas espécies vegetal) para o ensaio de trocas gasosas e para os ensaios de morfologia foi utilizado o mesmo delineamento para *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* com as mesmas doses para cada espécie separadamente, totalizando três ensaios. Foram avaliadas características fotossintéticas e de crescimento. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância geral e para regressão com polinômios ortogonais visando à definição de modelos para a determinação de curvas de reposta. Quando não foi possível o estabelecimento de modelos, as médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de análise das variâncias pelo teste F. As variáveis relacionadas às trocas gasosas foram amplamente influenciadas pela aplicação de baixas doses de glyphosate, havendo aumento na taxa fotossintética, temperatura foliar, condutância estomática, as relações de uso eficiente da água, carboxilação, nota-se que, houve variação nos valores observados em função da data de avaliação. Para a morfologia, as subdoses do herbicida apresentou função deletéria, não havendo incremento de massa em função da aplicação, bem como, altura, diâmetro de caule e área foliar.

Palavras-chave: Dose-resposta. Efeito hormético. Trapoeraba. Picão-preto.

* Orientadora: Sylvana Naomi Matsumoto, Dsc, UESB.

ABSTRACT

SILVA, R. A. **Gas exchange and growth of *Commelina benghalensis* and *Bidens pilosa* submitted to the application of reduced rates of glyphosate** Vitória da Conquista, Bahia: UESB, 2012. 112 p. (Dissertation - Master in Agronomy, line of research in plant science)[†].

The objectives of this study were (i) to evaluate the induced effect of hormesis and its changes in gas exchange and (ii) evaluate the effect of low doses of glyphosate in mass accumulation and morphological changes in plants of *Commelina benghalensis* and *Bidens pilosa*. The experiments were conducted in the experimental area of the Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Brazil. The experiment installation took place in August 2012, the plants were grown in pots arranged in a completely randomized design with four replications, in a 7x2 factorial scheme (six doses of glyphosate plus the witness, 0, 0,45, 0,90, 1,35, 1,80, 2,25 and 2,70 g e.a ha⁻¹ and two plant species) for testing gas exchange and morphology tests it was used the same design for *Commelina benghalensis* and *Bidens pilosa* with the same doses for each species separately, totaling three trials. Were evaluated growth and photosynthetic characteristics. The obtained data were submitted to geral variance analysis and to regression with orthogonal polynomials to define models for the response curves determination. When when it was not possible to establish models, the treatment means were tested with analysis of variance by F test. The related variables to gas exchange were broadly influenced by the application of low doses of glyphosate, with increased photosynthetic rate, leaf temperature, stomatal conductance, relations of efficient water use, carboxylation, it is noted that there was variation in the observed values in function of the valuation date. For morphology, the subdoses of the herbicide presented deleterious function, with no mass increase in function of the application, as well as, height, stem diameter and leaf area.

Palavras-chave: Dose-response. Hormesis effect. Dayflower. Beggar ticks.

[†]Orientadora: Sylvana Naomi Matsumoto, Dsc, UESB

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2: Trocas gasosas em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate

- Tabela 2.1** - Caracterização química de amostras do solo utilizado, em outubro de 2012, antes da implantação do experimento. 20
- Tabela 2.2** - Resumo da análise de variância referente às características fotossíntese (*A*), uso eficiente da água (*A/E*), concentração de dióxido de carbono na câmara sub estomática (*C_i*), transpiração (*E*), temperatura da folha (*T_f*), evaporação (*E*), eficiência de carboxilação (*A/C_i*) e condutância estomática (*G_s*), aos 20 e 30 dias após aplicação (DAA) de glyphosate. Vitória da Conquista, Bahia. UESB, 2012. 24
- Tabela 2.3** - Desdobramento da interação dose x espécie para fotossíntese líquida (*A*) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate. 28
- Tabela 2.4** - Desdobramento da interação dose x espécie para concentração de CO₂ na câmara sub estomática (*C_i*) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate. 31
- Tabela 2.5** - Desdobramento da interação dose x espécie para transpiração (*E*) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate. 34
- Tabela 2.6** - Desdobramento da interação dose x espécie para condutância estomática (*G_s*) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate. 37
- Tabela 2.7** - Desdobramento da interação dose x espécie para temperatura foliar (°C) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate. 39
- Tabela 2.8** - Desdobramento da interação dose x espécie para a eficiência de carboxilação (*A/C_i*) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 DAA (dias após a aplicação de subdoses de glyphosate). 42
- Tabela 2.9** - Desdobramento da interação dose x espécie para uso eficiente da água (*A/E*) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate. 45

Tabela 2.10 - Correlação geral e para o desdobramento da interação doses x espécies entre concentração interna da temperatura da folha (T_f), concentração de dióxido de carbono na câmara sub estomática (C_i), transpiração (E), condutância estomática (G_s), eficiência de carboxilação (A/C_i), fotossíntese líquida (A) e uso eficiente da água (A/E), para plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 DAA de glyphosate. Vitória da Conquista, Bahia, 2013. 47

Tabela 2.11 - Correlação geral e para o desdobramento da interação doses x espécies entre concentração interna da temperatura da folha (T_f), concentração de dióxido de carbono na câmara sub estomática (C_i), transpiração (E), condutância estomática (G_s), eficiência de carboxilação (A/C_i), fotossíntese líquida (A) e uso eficiente da água (A/E), para plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 30 DAA de glyphosate. Vitória da Conquista, Bahia, 2013. 49

CAPÍTULO 3: Morfologia de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate

Tabela 3.1 - Caracterização química de amostras do solo utilizado, em outubro de 2012, antes da implantação do experimento. 54

Tabela 3.2 - Resumo da análise de variância referente às características massa fresca do caule (MFC), da folha (MFF), da raiz (MFR) e total (MFT), número de folhas secas (NSF), área foliar (AF), altura de plantas (ALT), massa seca do caule (MSC), da folha (MSF), da raiz (MFR) e total (MST), extensão foliar (EXTF) e número de folhas de plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* avaliadas aos 20 e 30 dias após aplicação (DAA) de glyphosate. 58

Tabela 3.3 - Modelos, significância e coeficiente de regressão para massa fresca do caule (MFC), folha (MFF) e raiz (MFR) e massa seca do caule (MSC), folha (MFF) e raiz (MSR) aos 20 e 30 dias após a aplicação de glyphosate. 63

Tabela 3.4 - Massa fresca do Caule (MFC), A. Massa fresca da folha (MFF), B. Massa fresca da raiz (MFR), C. Massa seca do Caule (MSC), D. Massa seca da folha (MSF), E. Massa seca da raiz (MSR), F, em plantas de *C. benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate. 72

Tabela 3.5 - Modelos, significância e coeficiente de regressão para massa fresca do caule (MFC), folha (MFF) e raiz (MFR) e massa seca do caule (MSC), folha (MFF) e raiz (MSR) aos 20 e 30 dias após a aplicação de glyphosate. 76

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2: Trocas gasosas em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate

Figura 2.1 - Temperatura máxima, média e mínima (°C) durante a execução do experimento, dividida em semanas, iniciada na primeira semana de setembro até a segunda semana de dezembro de 2012, em casa de vegetação, Vitória da Conquista-BA. 21

Figura 2.2 - Fotossíntese líquida (A) em função dos desdobramentos da interação entre espécies e subdoses de glyphosate aos 20(B) e 30(C) DAA de para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. 27

Figura 2.3 - Concentração interna de CO₂ (Ci) em função dos desdobramentos da interação entre espécies e subdoses de glyphosate aos 20(B) e 30(C) DAA para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. 30

Figura 2.4 - Transpiração (E) em função dos desdobramentos da interação entre espécies e subdoses de glyphosate aos 20(B) e 30(C) DAA de para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. 33

Figura 2.5 - Relação entre condutância estomática (Gs) e desdobramentos da interação entre espécies e subdoses de glyphosate aos 20(B) e 30(C) DAA de para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. 36

Figura 2.6 - Temperatura foliar (Tf) e desdobramentos da interação entre subdoses e espécies aos 20(B) e 30(C) DAA de glyphosate para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. 38

Figura 2.7 - Eficiência de carboxilação (A/Ci) e desdobramentos da interação entre subdoses e espécies aos 20(B) e 30(C) DAA de glyphosate para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. 41

Figura 2.8 - Uso eficiente da água (A/E ou EUA) e desdobramentos da interação Dose x Espécie aos 20(B) e 30(C) DAA de glyphosate em plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. 44

CAPÍTULO 3: Morfologia de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate

Figura 3.1 - Temperatura máxima, média e mínima (°C) durante a execução do experimento, dividida em semanas, iniciada na primeira semana de

setembro até a segunda semana de dezembro de 2012, em casa de vegetação, Vitória da Conquista-BA..... 55

Figura 3.2 - Massa fresca do Caule (MFC), A. Massa fresca da folha (MFF), B. Massa fresca da raiz (MFR), C. Massa seca do Caule (MSC), D. Massa seca da folha (MSF), E. Massa seca da raiz (MSR), F, em plantas de *C. benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate..... 62

Figura 3.3 - Massa fresca total (MFT), A; e massa seca total (MST), B, em plantas de folhas de *Commelina benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate. 65

Figura 2.4 - Altura (cm) de plantas de *Commelina benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate..... 67

Figura 3.5 - Diâmetro de caule (mm) de plantas de *Commelina benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate..... 68

Figura 3.6 - Área foliar (cm²) de plantas de *Commelina benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate. 69

Figura 2.7 - Número de perfilhos em plantas de *Commelina benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate..... 70

Figura 3.8 - Massa fresca do Caule (MFC), A. Massa fresca da folha (MFF), B. Massa fresca da raiz (MFR), C. Massa seca do Caule (MSC), D. Massa seca da folha (MSF), E. Massa seca da raiz (MSR), F, em plantas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate..... 75

Figura 3.9 - Massa fresca total (MFT), A; e massa seca total (MST), B, em plantas de folhas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate. 78

Figura 3.10 - Altura (cm) de plantas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate..... 79

Figura 3.11 - Área foliar (cm²) em plantas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate. 80

Figura 3.12 - Extensão foliar (cm) em plantas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate. 81

Figura 3.13 - Números de folhas em plantas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate. 82

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1:	15
1 INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO 2: Trocas gasosas em plantas de <i>Commelina benghalensis</i> e <i>Bidens pilosa</i> submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate	17
1 INTRODUÇÃO	17
2 MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1 Localização do experimento	19
2.2 Material utilizado e delineamento experimental	19
2.3 Dados de temperatura máxima, média e mínima.	20
2.4 Variáveis analisadas	21
2.5 Análise estatística	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.1 Análise da variância e desdobramento das interações das variáveis independentes com as características avaliadas	23
3.2 Correlação de Pearson	45
4 CONCLUSÃO	50
CAPÍTULO 3: Morfologia de <i>Commelina benghalensis</i> e <i>Bidens pilosa</i> submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate	51
1 INTRODUÇÃO	51
2 MATERIAL E MÉTODOS	53
2.1 Localização do experimento	53
2.2 Material utilizado e delineamento experimental	53
2.3 Dados de temperatura máxima, média e mínima.	55
2.4 Variáveis analisadas	55
2.5 Análise estatística	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
3.1 Morfologia da <i>Commelina benghalensis</i>	57
3.2 Morfologia da <i>Bidens pilosa</i>	71
4 CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS	84

CAPÍTULO 1:

1 INTRODUÇÃO GERAL

O efeito de baixas doses de substâncias tóxicas, chamado como hormese ou dose-resposta, é um tema de amplas discussões na comunidade científica, por ocasionar alterações morfofisiológicas que conferem resistência a danos causados por elementos tóxicos, como a radiação (AHMAD e outros, 2013) e/ou herbicidas (VELINI e outros, 2008).

Herbicidas são produtos relacionados a diversos tipos de moléculas de ingredientes ativos comumente utilizados e comercializados na agricultura para proporcionar aumento na produtividade das culturas, através da diminuição competitiva entre planta daninha e cultura (EDGE e outros, 2013).

Em sistemas agrícolas, os herbicidas são os principais elementos que interagem com os ecossistemas aquáticos e autotróficos naturais, formando estruturas capazes de se conjugar a sítios específicos, modulando respostas adaptativas desses organismos em função do efeito dose-resposta (BRICHEUX e outros, 2013). O glyphosate é principal herbicida utilizado como fonte para elucidar os efeitos de baixas doses em vegetais (BELZ, CERDEGREEN e DUKE, 2010).

O N-(fosfo-nomethyl)-glycine comercialmente conhecido por glifosato é um herbicida sistêmico não seletivo que atua na ruptura da biossíntese de aminoácidos aromáticos responsáveis pela produção de proteínas e de auxina, provocando o baixo crescimento vegetal e, em casos particulares, a necrose da parede celular (PÉREZ e outros, 2007). Entretanto, quando utilizado em baixas doses, pode aumentar a biomassa, estimular o crescimento (CEDERGREEN, 2008) e alterar a fotossíntese, condutância estomática, temperatura foliar e uso eficiente da água (PEREIRA e outros, 2010).

Diversas abordagens e formas de mensurar os efeitos das baixas doses do herbicida foram estudadas. Radon Neto e outros (2010) tratam baixas doses como efeito de deriva, fato comumente ocorrente nas lavouras. Estes autores observaram que plantas de varjão foram estimuladas a crescer em subdose que representavam 24% da dose letal. Entretanto, Farias e outros (2012), em plantas de seringueira, não observaram efeito benéfico da aplicação de subdoses de glyphosate para altura de plantas e diâmetro de caule. Kappes e outros (2012), ao estudarem o efeito de subdoses do herbicida em crotalária, perceberam que essa espécie vegetal não respondeu positivamente aos tratamentos para altura e diâmetro. No entanto, foi observada modulação do efeito das subdoses do produto com a época da aplicação. Deste modo época, dose e espécie vegetal são fatores de interação essenciais para ocorrência do efeito hormético.

Os efeitos benéficos da hormese foram descritos para *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*. Alterações de condutância estomática, aumento da temperatura foliar, reduzindo os processos fotossintéticos são resultados muito observados em plantas que receberam aplicação de glyphosate (PEREIRA e outros, 2010). Apesar das pesquisas apresentarem resultados benéficos para aplicação de baixas doses de glyphosate, os mecanismos pelos quais esses efeitos ocorrem não são conhecidos (CEDERGREEN, 2008).

O entendimento de como ocorre este efeito em campo é importante para validar a os conhecimentos teóricos. Dessa forma, a compreensão dos efeitos primários da hormese em plantas daninhas pode elucidar se a aplicação da hormese potencializa a capacidade competitiva dessas.

Face ao exposto, este trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação de subdoses de glyphosate nas trocas gasosas e crescimento de plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*.

CAPÍTULO 2: Trocas gasosas em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate

1 INTRODUÇÃO

O uso de herbicidas é prática consolidada na agricultura tecnificada, que visa aumentar o rendimento das culturas e a diminuição da competição intraespecífica entre plantas daninhas e a cultura (EDGE e outros, 2013), além de possibilitar a expansão do sistema de plantio direto (MELHORANÇA FILHO e outros, 2010).

Herbicidas de uso consolidado, como 2,4 D e glyphosine (antecessor do glyphosate), inicialmente, foram trabalhados em baixas doses, como reguladores de crescimento, apresentando-se eficientes na estimulação da síntese de auxina (HALTER, 2009). Atualmente a utilização de baixas dosagens de herbicida é classificada como hormese, fenômeno caracterizado por estimular o crescimento vegetal a partir de baixas doses de produtos que, em doses elevadas, é tóxico às plantas (CALABRESE e BALDWIN, 2003).

O efeito hormético foi descrito na agricultura a partir do uso de radiação, a fim de promover o desenvolvimento vegetal com base em diversas áreas da ciência (CALABRESE e BALDWIN, 2003). Wang e Cui (2012) citam que a baixa radiação pode induzir alterações no ácido ribonucleico (RNA), resultando na diminuição da projeção de doenças. Além disso, a baixa radiação pode induzir respostas adaptativas que atuam como protetores celulares às doenças ou fitotoxicidade provocada por produtos químicos (XING e outros, 2012).

Contudo, Cedergreen (2008) descrevem que os herbicidas são importantes para se conhecer o efeito da hormese na biologia das plantas, devido ao baixo custo e facilidade de manuseio, quando comparado com o uso da radiação. Dentre estes, o oxifluorfen, dalapon, bromoxynil, tebacil (SILVA e outros, 2009), 2,4 D, glyphosine, glyphosate (SILVA e outros,

2012a) e diuron (SOES, 2011) são mais citados como promotores do efeito hormético.

No entanto, o glyphosate é o herbicida mais utilizado e estudado para a promoção do crescimento vegetal, aumentando a massa da raiz, caule e folhas em diversas espécies de plantas (SILVA e outros, 2012b). Velini e outros (2008) observaram esse efeito para *Coffea arabica*, *Eucalyptus gaudis*, *Glycine max* e *Commelina benghalensis*; Silva e outros (2009) observaram em cana-de-açúcar; e Silva e outros (2012c) verificaram que o glyphosate afeta de forma negativa a germinação de sementes de *Phaseolus vulgaris* L.

Os efeitos da aplicação de herbicidas sobre os aspectos fisiológicos das plantas são relatados por Torres e outros (2012) e Ferreira e outros (2005), os autores observaram alterações na fotossíntese, na concentração interna de gases, disponibilidade hídrica, uso eficiente da água e transpiração em cana de açúcar. Bastiani e outros (2000) relataram que *Bidens pilosa* não alteram os processos fotossintéticos em função da aplicação de herbicidas, desde que haja água no solo. Meschede e outros (2007) citam que a aplicação de glyphosate altera os processos fotossintéticos em *Commelina benghalensis*.

A aplicação de glyphosate em ambas as espécies pode influenciar diretamente no uso eficiente de água, condutância estomática, entre outras alterações e em doses elevadas levam à morte (ASPIAZÚ e outros, 2010), bem como alterações na anatomia foliar (necrose, clorose, má formação e enrugamento foliar, e meristemática), provocadas entre a absorção e morte das plantas em aplicação de doses letais (GUYS e SIKORSKI, 1999).

Diante disso, o estudo teve como objetivo verificar o efeito de subdoses de glyphosate nas trocas gasosas de plantas de *Bidens pilosa* e *Commelina benghalensis*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

O experimento foi realizado nos anos 2012 e 2013 em casa de vegetação, na unidade experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, *campus* de Vitória da Conquista, Estado da Bahia. O município está localizado na Região Sudoeste do Estado, na microrregião do Planalto de Conquista, localizada a 900m de altitude, sobre 14°50' Sul e longitude 40°50' Oeste, com média de temperatura em torno dos 20,7°C. O clima regional é classificado como tropical de altitude (Cwa), de acordo com Köppen, com precipitação média anual de 733,9 mm.

2.2 Material utilizado e delineamento experimental

Duas espécies vegetais foram utilizadas, a trapoeraba (*Commelina benghalensis*), proveniente de sementes coletadas no Campus Experimental da UESB, e plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*), oriundas de sementes coletadas em lavoura de algodão no Oeste da Bahia. As sementes de *C. benghalensis* passaram por escarificação química com ácido sulfúrico (98%), através da imersão das sementes por dois minutos, no entanto, as sementes de picão-preto não passaram por tratamento.

A semeadura foi realizada no dia 18 de setembro de 2012 e a emergência para plantas de trapoeraba e picão-preto ocorreram 15 e 25 dias após a semeadura, respectivamente. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para três litros, contendo solo retirado da camada arável da área de pesquisa da UESB, solo classificado como sendo CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (VIEIRA e outros, 1998), textura média, com características químicas descritas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Caracterização química de amostras do solo utilizado, em outubro de 2012, antes da implantação do experimento.

Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC	V%	SB
----- cmol ₃ dm ⁻³ -----								
0,8	0,6	0,2	0,7	3,6	0,03	4,43	18,70	81,30
Zn	B	Cu	Fe	Mn	P (Mel)	S	M.O.	pH_H ₂ O
----- dag dm ⁻³ -----						mg dm ⁻⁴	dag dm ⁻³	
1,0	0,15	0,61	68,6	1,5	31,6	6,4	0,7	4,75

Fonte: Laboratório de química de solo da UESB.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, constituindo um esquema fatorial 7x2, compostos por seis subdoses de glyphosate, e a testemunha (0, 0,45, 0,90, 1,35, 1,80, 2,25 e 2,70 g e.a. ha⁻¹) e duas espécies vegetais, cada parcela foi constituída por quatro vasos, contendo duas plantas em cada, esses foram semanalmente alternados de posição para fins de casualização. Foram realizadas adubações com 2,5 g por vaso, fórmula 4-14-8 de NPK, aos 10 e 30 dias após a emergência.

A aplicação ocorreu no dia 10 de novembro de 2012, quando as plantas apresentavam de 10 a 15 cm de comprimento de caule e/ou quatro a cinco folhas. A aplicação foi feita com um pulverizador costal pressurizado a CO₂ (2 kgf. cm⁻²) e acoplado a uma barra contendo dois bicos de jato plano 110.02 VS, com consumo de calda equivalente a 200 L ha⁻¹, a aplicação foi realizada na parte da manhã, com ventos de 3 km h⁻¹ e temperatura ambiente de 26 °C.

2.3 Dados de temperatura máxima, média e mínima.

Durante a execução do ensaio foi observado que as variações entre as médias de temperaturas máximas, médias e mínimas foram tênues, devido às condições de casa de vegetação (Figura 2.1). As observações diárias de temperaturas foram organizadas em médias semanais, começando na primeira semana de setembro à segunda semana de dezembro.

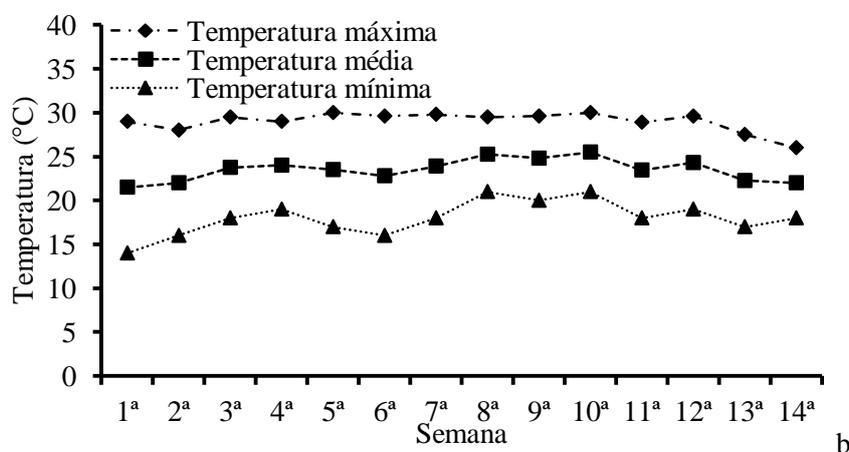


Figura 2.1 - Temperatura máxima, média e mínima (°C) durante a execução do experimento, dividida em semanas, iniciada na primeira semana de setembro até a segunda semana de dezembro de 2012, em casa de vegetação, Vitória da Conquista-BA.

2.4 Variáveis analisadas

As avaliações ocorreram aos 20 e 30 dias após a aplicação (DAA), procedendo da seguinte forma, para trocas gasosas entre folha e atmosfera: As leituras foram realizadas na primeira folha totalmente expandida, no sentido basípeta, com medida de comprimento mínimo de 2,5 cm. Foi utilizada uma câmara para folhas de dicotiledôneas acopladas a um analisador de gases no infravermelho, em sistema aberto, modelo LC-Pro, ADC, EUA. Para as leituras, foi utilizada uma fonte de luz dicróica na parte superior da câmara, de modo a manter um fluxo de 1000 μmoles de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à uma análise de variância bifatorial, e as médias comparadas pelo teste F e, para a interpretação do fator quantitativo relacionado à dose, os dados foram submetidos à análise de

variância da regressão, utilizando o método dos polinômios ortogonais através do software SAEG, versão 9.1. Com a finalidade de melhor interpretar as particularidades do efeito das sudosagens de glyphosate para cada uma das espécies, foram realizados desdobramentos das variáveis independentes para todas as características avaliadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da variância e desdobramento das interações das variáveis independentes com as características avaliadas

Houve efeito das doses de glyphosate somente para a característica concentração de CO_2 na câmara sub-estomática (C_i), para a avaliação realizada aos 20 dias (Tabela 2.2). Entretanto, as características das espécies *C. benghalensis* e *B. pilosa* foram determinantes para diferenciá-las em todas as variáveis relacionadas às trocas gasosas e suas relações, na avaliação realizada aos 20 DAA. Aos 30 DAA, foi verificado que somente para C_i ocorreu o efeito de espécies.

Comportamento homogêneo para as avaliações realizadas aos 20 e 30 DAA foi verificado para a interação entre os fatores espécie e doses de glyphosate nas avaliações relacionadas à temperatura da folha (T_f) e transpiração (E). Entretanto, para C_i , foi verificada ausência de interação, nas duas datas.

A ocorrência interação entre tais fatores para a relação de eficiência de uso da água (A/E), verificada aos 20 DAA não foi mantida para a avaliação realizada aos 30 DAA. Para as características taxa de fotossíntese líquida (A), concentração de CO_2 na câmara sub-estomática (C_i), condutância estomática (G_s) e relação da eficiência de carboxilação (A/C_i), foi verificada interação entre espécies e doses, apenas aos 30 DAA (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Resumo da análise de variância referente às características fotossíntese (*A*), temperatura da folha (*Tf*), concentração de CO₂ na câmara sub-estomática (*Ci*), transpiração (*E*), condutância estomática (*Gs*), uso eficiente da água (*A/E*) e eficiência de carboxilação (*A/Ci*) e aos 20 e 30 dias após aplicação (DAA) de glyphosate. Vitória da Conquista, Bahia. UESB, 2012.

FV	Gl	Avaliação 20 DAA						
		<i>A</i>	<i>Tf</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>Gs</i>	<i>A/E</i>	<i>A/Ci</i>
Dose	6	61,9823**	24,30726**	426,8432 ^{ns}	0,7301**	0,18588**	5,7559**	0,001021**
Espécie	1	889,2926**	29,14571**	2520,142**	46,7748**	1,36406**	17,4687**	0,016910**
Dose VS espécie	6	15,4494 ^{ns}	5,34928**	253,619 ^{ns}	4,8618**	0,03139 ^{ns}	0,97467*	0,000218 ^{ns}
Tratamentos	13	87,4200**	11,37770**	480,251 ^{ns}	5,1427**	0,17216**	3,6444**	0,001580**
Blocos	3	14,9458 ^{ns}	0,56857 ^{ns}	360,367 ^{ns}	0,6523**	0,02897 ^{ns}	0,15263 ^{ns}	0,000333 ^{ns}
Resíduo	39	10,0897	0,25139	368,3497	0,15231	0,020388	0,35776	0,0002160
CV (%)		25,66000	1,55	7,35	10,84	35,92	18,64	30,93
FV	Gl	Avaliação 30 DAA						
		<i>A</i>	<i>Tf</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>Gs</i>	<i>A/E</i>	<i>A/Ci</i>
Dose	6	167,04644**	11,56804**	2984,86817**	7,75547**	0,13867**	3,26981**	0,00339**
Espécie	1	19,19972 ^{ns}	0,22631 ^{ns}	1378,18564*	0,65514 ^{ns}	0,04571 ^{ns}	2,07130 ^{ns}	0,00043 ^{ns}
Dose vs espécie	6	93,02033**	1,60753**	466,54128 ^{ns}	3,10587**	0,19610**	1,10168 ^{ns}	0,00151**
Tratamentos	13	121,50772**	6,09844**	1698,97249**	5,01794**	0,15803**	2,17694**	0,00229**
Blocos	3	0,89132 ^{ns}	0,16859 ^{ns}	121,87834 ^{ns}	0,34510 ^{ns}	0,02338 ^{ns}	0,55591 ^{ns}	0,00001*
Resíduo	39	7,87407	0,419210	275,036150	0,457360	0,025350	0,613750	0,000150
CV (%)		24,09	1,97	6,49	19,92	45,35	24,12	26,72

** - significativo a 1% (p>0,01), * - significativo a 5% (p>0,05) e ns - não significativo pelo teste de F.

A ação dos herbicidas como fonte de alteração na fotossíntese é muito controverso e sem consenso na comunidade científica. Torres e outros (2012) estudaram diversas moléculas e não observaram diferença entre tratamentos e testemunha. Bastiani e outros (2000) observaram efeitos semelhantes aos verificados no presente estudo, com a aplicação de glyphosate em *Bidens pilosa*, entretanto, efeito divergente foi verificado para *Brachiaria plantaginea*.

Carvalho e outros (2013) observaram comportamento divergente entre duas cultivares de soja para a relação entre fotossíntese líquida e aumento da dose de glyphosate, demonstrando que o efeito hormético está condicionado às variações climáticas e às características intrínsecas de cada organismo.

Nas avaliações de A, realizadas aos 20 e 30 DAA, para as duas espécies em estudo, o desdobramento da interação dose e espécie foi definido pelo modelo polinomial de terceira ordem cúbico raiz (Figura 2.2A e 2.2B). Foi observado que, aos 20 DAA, ocorreu superioridade de taxas de A, na ordem de 49,67%, de *B. pilosa* em relação a *C. benghalensis*.

Apesar da variação de valores de A em relação às doses de glyphosate *B. pilosa* todos foram superiores a testemunha, caracterizando o efeito estimulante da aplicação de baixas doses. O maior valor (21,60 $\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi verificado para a dose de 0,20 g e.a. ha^{-1} .

Para *C. benghalensis*, os valores de A maiores que a testemunha (3,56 $\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foram restritos ao intervalo das doses de 0,00 a 1,20 g e.a. ha^{-1} . A partir desse ponto, A tornou-se inferior à testemunha. Para *B. pilosa*, quando as plantas foram submetidas às subdoses de glyphosate houve acréscimo de valores de A da ordem de 6,65 $\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Esta diferença entre as duas espécies foi relacionada à diferença de porte, sendo as de porte ereto foram mais tolerantes às doses de herbicida que plantas rasteiras.

Aos 30 DAA foi observado que a superioridade nas taxas de A, manifestada por *B. pilosa* em relação à *C. benghalensis*, diminuiu

acentuadamente, quando comparada com a avaliação aos 20 DAA, apresentando amplitude máxima ($3,86 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) nas doses extremas (Figura 2.2B).

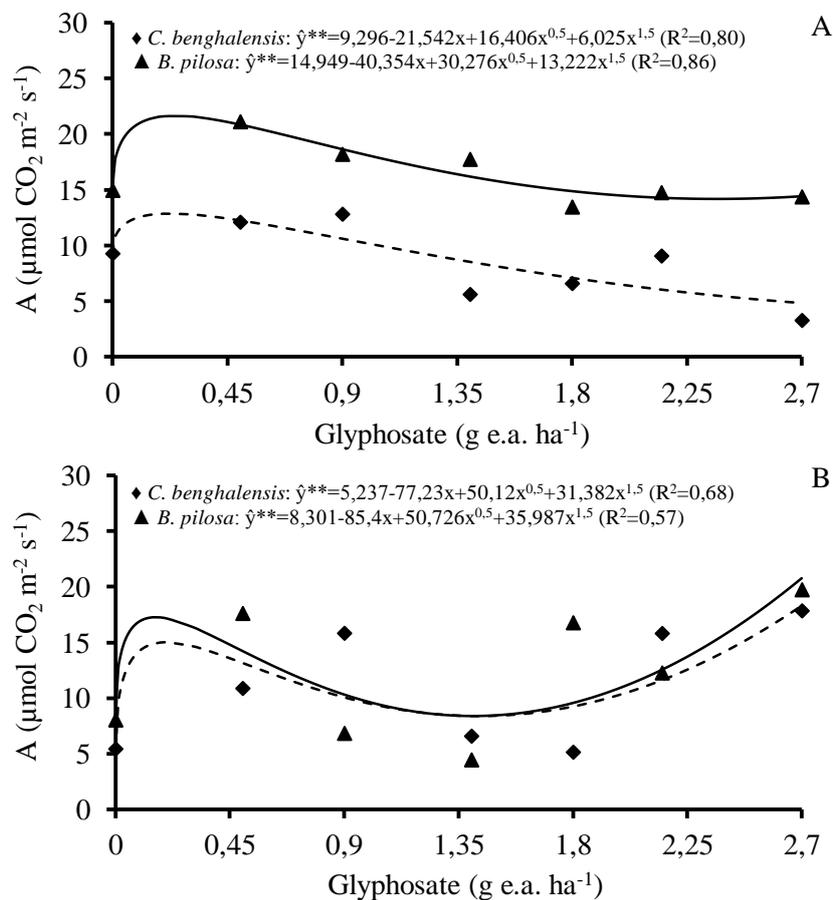
B. pilosa apresentou tend\u00eancia superior de taxa de *A* superior a *C. benghalensis*, por\u00e9m ambas as esp\u00e9cies mantiveram tais taxas sempre superiores \u00e0 testemunha, sendo os maiores valores de *A* ($20,73$ e $18,30 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) verificados para a dose de $2,70 \text{ g e.a. ha}^{-1}$, para *B. pilosa* e *C. benghalensis*, respectivamente. Ambas as esp\u00e9cies apresentaram um ponto de menor taxa de *A* ($1,37 \text{ g e.a. ha}^{-1}$), for\u00e7ando a queda na tend\u00eancia, ainda assim, superior \u00e0 testemunha. Portanto, as subdoses de glyphosate propiciaram a eleva\u00e7\u00e3o da fotoss\u00edntese l\u00edquida.

O aumento da fotoss\u00edntese l\u00edquida ocorrido no intervalo $0,00$ a $0,18 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ deu-se pelo est\u00edmulo do glyphosate e no intervalo de $1,38$ a $2,70 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ ocorre em fun\u00e7\u00e3o da renova\u00e7\u00e3o da \u00e1rea foliar, dessa forma, o intervalo de doses de $0,18$ a $1,38 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ \u00e9 marcado pelo decr\u00e9scimo da taxa de *A*, efeito amplamente relacionado com o car\u00e1ter delet\u00e9rio do herbicida, ou seja, intervalo em que as subdoses n\u00e3o promovem o crescimento nem a renova\u00e7\u00e3o dos tecidos (Figura 2.2B).

As altera\u00e7\u00f5es, entre esp\u00e9cies, em *A* nos primeiros 20 DAA, refletem as particularidades de cada esp\u00e9cie no tocante da rea\u00e7\u00e3o metab\u00f3lica inicial, ap\u00f3s a aplica\u00e7\u00e3o do herbicida. Huang e outros (2012) observaram o comportamento de *Imperata cylindrical* e verificaram aumento em *A* nas doses de $0,3$ e $0,5\%$ da dose letal aos 20 DAA. Neste estudo, em um intervalo curto de tempo, altera\u00e7\u00f5es significativas ocorreram para a *A* em fun\u00e7\u00e3o da aplica\u00e7\u00e3o de subdoses de glyphosate.

V\u00e1rias teorias foram propostas para elucidar tal comportamento. Zobiolo e outros (2011) descrevem que o efeito delet\u00e9rio do glyphosate danifica o cloroplasto e age na quelatiza\u00e7\u00e3o de c\u00e1tions formadores de clorofila. Carretero (2008) justifica que, ao danificar o cloroplasto, diminuiu-se a capacidade de absor\u00e7\u00e3o de energia luminosa e fixa\u00e7\u00e3o de CO_2 . Gan (2007) reafirma que os herbicidas aumentam a quantidade de esp\u00e9cies

reativas de oxigênio que são capazes de deteriorar organelas essenciais no processo fotossintético.



**Significativo, a 1% de probabilidade, pela análise de variância de regressão.

Figura 2.2 - Fotossíntese líquida (A) em função dos desdobramentos da interação entre espécies e subdoses de glyphosate aos 20(A) e 30(B) DAA de para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*.

Quando foi analisada a comparação entre as espécies, para 20 DAA, maiores valores da fotossíntese líquida foram discriminados para *B. pilosa* em relação à *C. benghalensis* (Tabela 2.3). Aos 30 DAA, houve variação de comportamento dentro da faixa das menores dosagens, entretanto, para quando atingidos os valores superiores das doses, foi observada tendência de equiparação de A entre as espécies.

Tabela 2.3 - Desdobramento da interação dose x espécie para fotossíntese líquida (A) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate.

Dose	Fotossíntese Líquida ($\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	20 DAA		30 DAA	
	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>
0,00	9,27	14,95	11,06a	12,23a
0,45	12,09	21,10	10,86b	17,59a
0,90	12,81	18,18	15,81a	6,83b
1,35	5,61	17,73	6,58a	4,45a
1,80	6,59	13,45	5,14b	16,77a
2,25	9,06	14,74	15,79a	12,25a
2,70	3,28	14,36	17,82a	19,71a
Média	8,39B	16,36A	11,86	12,83

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não se diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para o desdobramento, aos 20 DAA, foi delineado um modelo polinomial de terceira ordem para *C. benghalensis*, no entanto, para *B. pilosa* não foi possível ajustar um modelo representativo. Para o modelo delineado, foi observada uma amplitude de $68,29 \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (taxa máxima de C_i de $300,04 \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ na dose de $0,00 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ e taxa mínima de $231,75 \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ na dose de $2,70 \text{ g e.a. ha}^{-1}$). Os resultados evidenciam que a aplicação de glyphosate influenciou negativamente a C_i (Figura 2.3A).

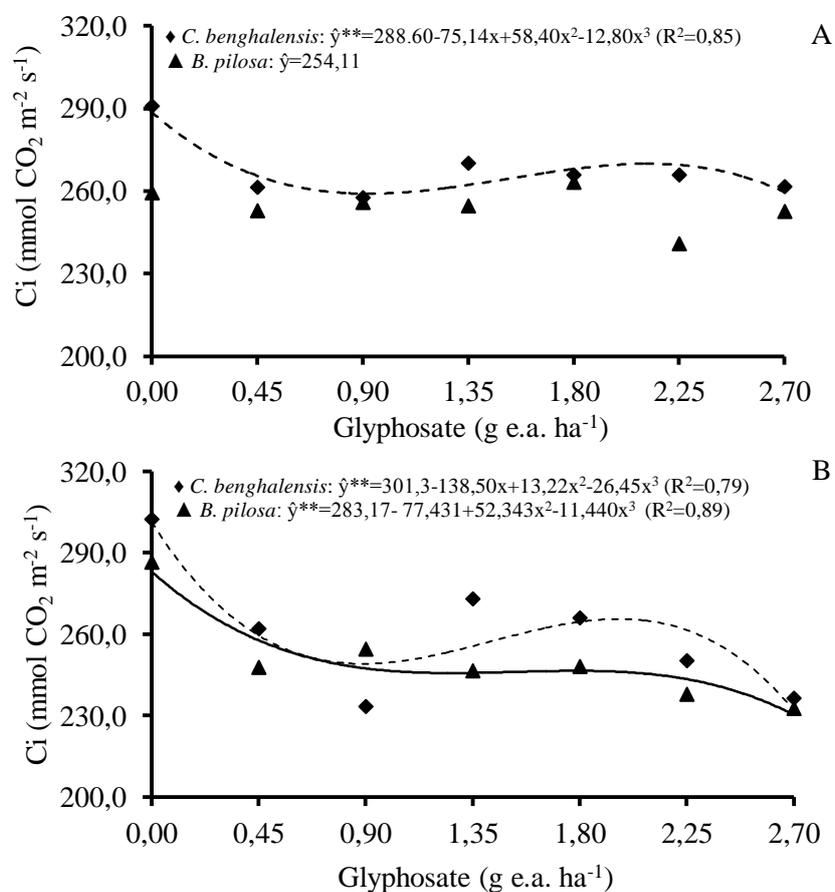
Os resultados obtidos aos 20 DAA corroboram Carvalho e outros (2013). Os referidos autores observaram que, aos 15 DAA, à medida que foi aumentada as subdoses de glyphosate para as variedades de café Acaiá (MG-6851), Catucaí Amarelo (2 SL) e Topázio (MG-1190), C_i foi reduzida. No entanto, aos 45 DAA aumento em C_i foram observados, evidenciando que, inicialmente, para o presente estudo e para Carvalho e outros (2013), C_i diminui em função da aplicação do herbicida, porém, após um período de tempo, há a retomada de elevação de C_i .

Como estratégia para elevar a fotossíntese líquida, ocorre aumento de T_f , estimulando a abertura estomática para maior difusão de CO_2 no mesofilo, principalmente em condições de estresse, como é o caso da aplicação de herbicidas. Para Flexas e outros (2008), a diminuição inicial de

C_i pode estar relacionada à diminuição de G_s , fato ocorrido na avaliação aos 20 DAA.

Os resultados do presente estudo foram contrastantes ao observado por Carvalho (2011). No citado estudo, os autores verificaram resposta positiva para C_i em plantas de cafeeiros até 282 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate.

Aos 30 DAA, para o desdobramento da interação entre dose e espécie, foi delineado o modelo polinomial de terceira ordem para a relação entre concentração interna de CO₂ (C_i) e as doses aplicadas. Apesar da definição de modelos semelhantes, a amplitude de variação de C_i verificada para *C. benghalensis* (taxa mínima de 233,91 mol CO₂ m⁻¹ s⁻¹ e taxa máxima 300,04 mol CO₂ m⁻¹ s⁻¹) foi superior à *B. pilosa* (taxa mínima de 230,38 mol CO₂ m⁻¹ s⁻¹ e taxa máxima 281,84 mol CO₂ m⁻¹ s⁻¹). Entretanto, para as duas espécies, houve decréscimo de C_i à medida que foram aumentadas as doses de glyphosate (Figura 2.3B).



**Significativo, a 1% de probabilidade, pela análise de variância de regressão.

Figura 2.3 - Concentração de CO₂ na câmara sub-estomática (*C_i*) em função dos desdobramentos da interação entre espécies e subdoses de glyphosate aos 20(A) e 30(B) DAA para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*.

Para as avaliações realizadas aos 20 e 30 DAA, os valores de *C_i* registrados para *C. benghalensis* foram superiores aos verificados para *B. pilosa* (Tabela 2.4). Resultados contrastantes ao presente estudo foram verificados por Aspiazú e outros (2010), observando maior valor de *C_i* e menor capacidade de metabolização de CO₂ para *B. pilosa*, quando comparada à *C. benghalensis*. Ometto e outros (2003) descreveram que *C_i* é uma característica fisiológica relacionada às características bióticas das espécies, mas as condições abióticas também têm grande influência.

Tabela 2.4 - Desdobramento da interação dose x espécie para concentração de CO₂ na câmara sub-estomática (*C_i*) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate.

Dose	Concentração Interna de CO ₂ (mol CO ₂ m ⁻¹ s ⁻¹)			
	20 DAA		30 DAA	
	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>
0,00	298,0	277,0	302,3	286,5
0,45	301,0	246,0	262,0	247,8
0,90	281,0	252,0	233,4	254,5
1,35	283,0	256,0	273,0	246,5
1,80	263,0	257,0	266,0	248,1
2,25	266,0	245,0	250,3	237,9
2,70	264,0	244,0	236,4	232,7
Média	279,43A	253,86B	260,48A	250,57B

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não se diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

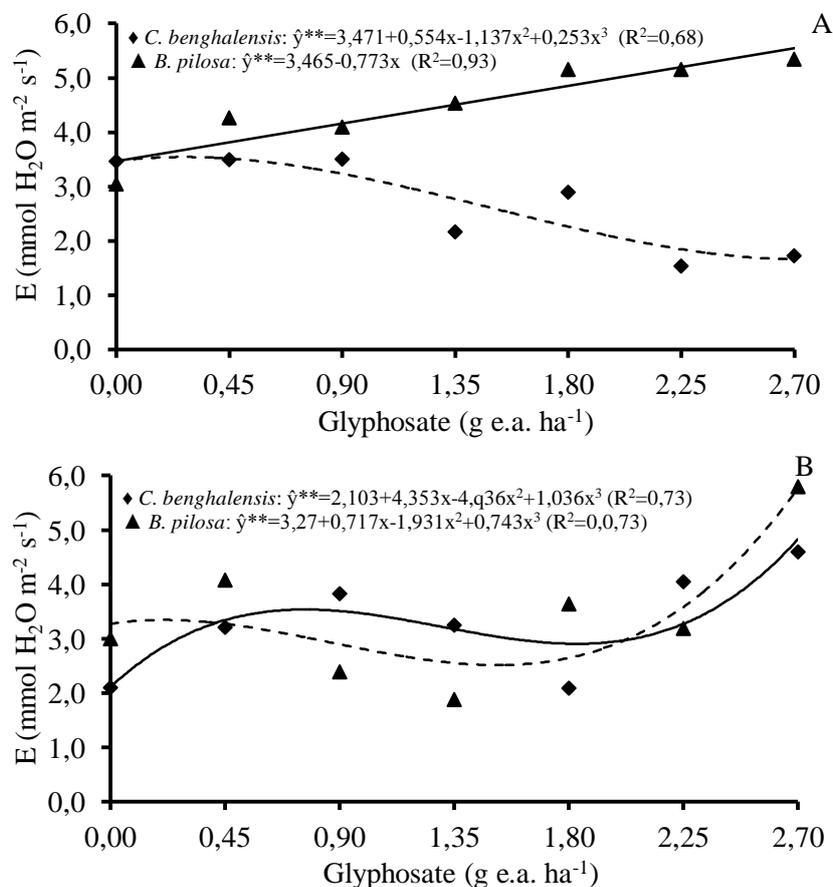
Aos 20 DAA, foi delineado um modelo linear para a relação entre a transpiração (*E*) e as subdoses de glyphosate para *B. pilosa* e para *C. benghalensis*, o modelo delineado foi um polinomial de terceira ordem. Tais modelos definiram relações inversas de *E* em função da elevação das doses de glyphosate para as duas espécies. Para a trapoeiraba, verificou-se que nos valores de *E*, a amplitude de variação destes mantiveram-se inferiores (taxa máxima de *E* de 3,5186 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na dose de 0,43 g e.a. ha⁻¹ e taxa mínima de 1,64 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹) em relação a *B. pilosa* (taxa mínima de *E* de 3,46 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na dose de 0,00 g e.a. ha⁻¹ e taxa máxima de 5,52 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹) (Figura 2.4A).

Machado e outros (2010) em eucalipto observaram resultados semelhantes. Esse comportamento foi relacionado aos efeitos da aplicação de glyphosate e aos fatores edáficos (LEMOS e outros, 2012). Contudo, de acordo Cedergreen e Olesen (2010), a hipótese de que o glyphosate aumentaria os índices de *E* não está bem definida.

Aos 30 DAA, para *E* foi delineado um modelo polinomial de terceira ordem tanto para *B. pilosa* quanto para *C. benghalensis* (Figura 2.4B).

Mesmo para modelos de mesma ordem, as tendências foram opostas em função da elevação das doses, anterior e posteriormente ao intervalo entre 0,41 e 2,01 g e.a. ha⁻¹, pontos considerados críticos para os modelos. *C. benghalensis* possui menor amplitude de variação de *E* (taxa máxima de *E* de 4,83 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ e taxa mínima de 2,11 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na dose de 0,00 g e.a. ha⁻¹) em relação à *B. pilosa* (taxa máxima de *E* de 5,81 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ e taxa mínima de 2,50 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na dose de 1,42 g e.a. ha⁻¹).

Para *C. benghalensis*, os índices de *E* elevaram-se à medida que foi aumentada as doses de glyphosate e, para *B. pilosa*, foi verificada tendência de decréscimos até valor mínimo do modelo estabelecido para a relação entre *E* e as doses de glyphosate. Os valores de *E* mantiveram-se inferiores à testemunha, entretanto, a partir do ponto de interseção, na dose de 2,01 g e.a. ha⁻¹, a tendência foi alterada, sendo mantidos valores superiores de *E* de *B. pilosa* em relação à trapoeraba (Figura 2.4B). A elevação da *E* foi relacionada à ocorrência de novas folhas, como citado anteriormente.



**Significativo, a 1% de probabilidade, pela análise de variância de regressão.

Figura 2.4 - Transpiração (E) em função dos desdobramentos da interação entre espécies e subdoses de glyphosate aos 20(A) e 30(B) DAA de para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*.

Para E , aos 20 DAA, no desdobramento da interação entre doses e espécies, a aplicação de glyphosate induziu a menores valores de E para *C. benghalensis* em relação à *B. pilosa* (Tabela 2.5). Aos 30 DAA, embora tenham sido verificadas variações para as doses intermediárias, houve tendência à manutenção de homogeneidade de valores para as duas espécies, para as menores e maiores doses. A elevada capacidade de transpiração de *B. pilosa* em relação à *C. benaghalensis* foi verificada por Aspiazu e outros (2010).

Tabela 2.5 - Desdobramento da interação dose x espécie para transpiração (E) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate.

Dose	Transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	20 DAA		30 DAA	
	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>
0,00	3,46a	3,04a	2,11a	3,01a
0,45	3,49b	4,26a	3,21a	4,08a
0,90	3,50b	4,09a	3,83a	2,39b
1,35	2,16b	4,53a	3,25a	1,89b
1,80	2,89b	5,15a	2,10b	3,65a
2,25	1,53b	5,15a	4,06a	3,19a
2,70	1,72b	5,34a	4,97a	5,81a
Média	2,68	4,51	3,36	3,43

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não se diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

A variação no comportamento das tendências de G_s foi associada às alterações de T_f . Taiz e Zeiger (2004) citam que a o fechamento estomático está diretamente relacionado a E e que G_s controla a entrada de saída de água e CO_2 dos estômatos, uma vez que quando os estômatos se fecham há diminuição na transpiração. Essas alterações na G_s foram registradas por Machado e outros (2010), em plantas de eucalipto. Entretanto, os autores relatam que tais resultados foram relacionados com a E e T_f .

Aos 20 DAA, foram delineados modelos polinomiais de terceira ordem cúbicos raiz para a *C. benghalensis* e *B. pilosa*. Para a trapoeraba, os valores absolutos e a amplitude de variação de G_s foram sempre inferiores ao picão-preto (taxa máxima de G_s em $0,20 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ e taxa mínima na dose de $2,5 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ para *C. benghalensis* em relação a *B. pilosa*, taxa máxima de G_s em $0,30 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ e taxa mínima na dose de $0,029 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) (Figura 2.5A).

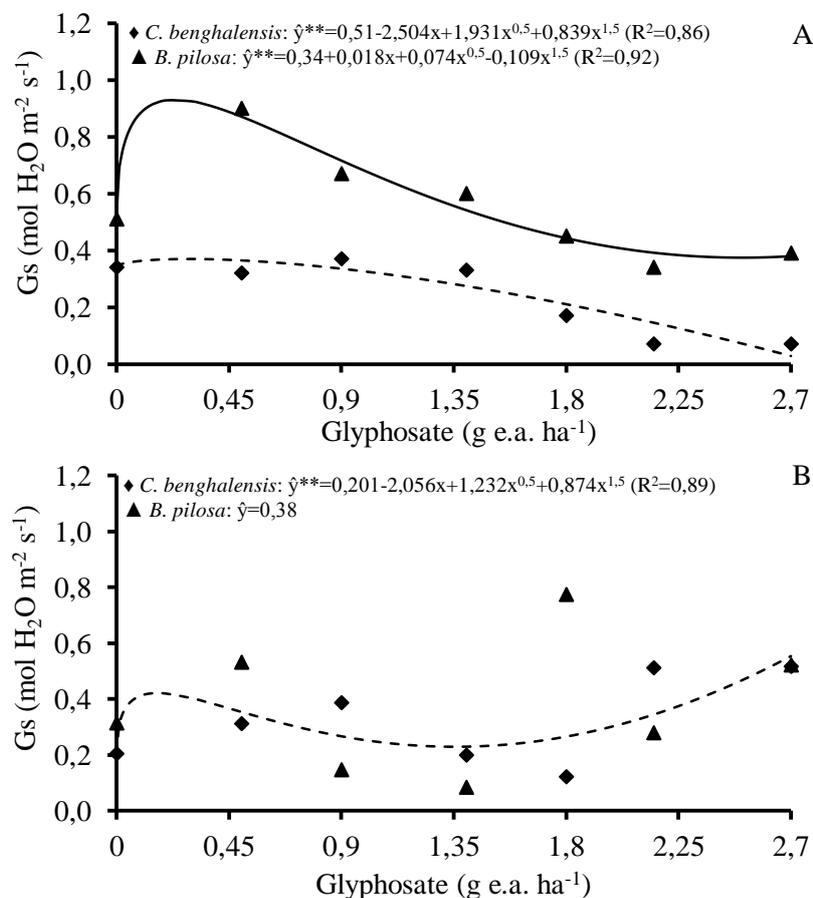
Aos 30 DAA, foi delineado um modelo polinomial de terceira ordem cúbico raiz para *C. benghalensis*, porém, não foi possível ajustar um modelo representativo para *B. pilosa*. Para *C. benghalensis*, foi observada amplitude de variação inferior às verificadas para as demais características (taxa máxima de G_s em $0,15 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ e taxa mínima na dose de $1,36 \text{ g e.a. ha}^{-1}$).

Tais resultados expressaram o fato de que *Gs* da trapoeraba é uma característica amplamente variável em função do aumento da dose de glyphosate. Para picão-preto, foi verificada maior sensibilidade para a aplicação aos 20 DAA, e aos 30 DAA, o glyphosate não interferiu no comportamento de *Gs* (Figura 2.5B).

A eficiência quântica de *Gs* foi amplamente influenciada pelas subdoses do glyphosate, positivamente para a trapoeraba e negativamente para o picão-preto. Este comportamento corrobora a teoria descrita por Zobiolo e outros (2010a), que afirmaram que o efeito hormético está intrinsecamente ligado à espécie e às condições ambientais. Para tanto, Magalhães e outros (2001) observaram resultados semelhantes, quando avaliaram o efeito de baixas doses de glyphosate em diferentes espécies de plantas.

Segundo Cedergreen e Olesen (2010), ainda são desconhecidos os mecanismos e processos nos quais o herbicida influencia de forma a ser positiva a fotossíntese. Porém, há vários estudos em que é observado o efeito das subdosagens de glyphosate, teor de ácido chiquímico e na translocação de carboidratos, como verificaram Velini e outros (2008).

De acordo com Zobiolo e outros (2010b), ocorre uma grande diferença de manifestação do efeito hormese em diferentes espécies. Esse aumento está condicionado ao aumento na fixação de carbono, uma vez que as doses mais elevadas apresentaram material vegetal em fase de desenvolvimento, como folhas novas e aumento na altura e diâmetro de caule.



**Significativo, a 1% de probabilidade, pela análise de variância de regressão.

Figura 2.5 - Relação entre condutância estomática (G_s) e desdobramentos da interação entre espécies e subdoses de glyphosate aos 20(A) e 30(B) DAA para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*.

Para a condutância estomática (G_s), efeito de interação entre doses e espécies foi verificado apenas para as avaliações realizadas aos 30 DAA. Aos 20 DAA, foi verificado efeito gerla entre espécies, sendo a condutância estomática de *B. pilosa* superior à *C. benghalensis*. Aos 30 DAA, tal tendência foi alterada, exceto para as doses de 0,90 e 1,80 g e.a. ha^{-1} , em que *B. pilosa* foi superior à *C. benghalensis*, após a aplicação das doses de glyphosate. Entretanto, para a testemunha, aos 30 DAA, houve homogeneidade de valores para as duas espécies (Tabela 2.6).

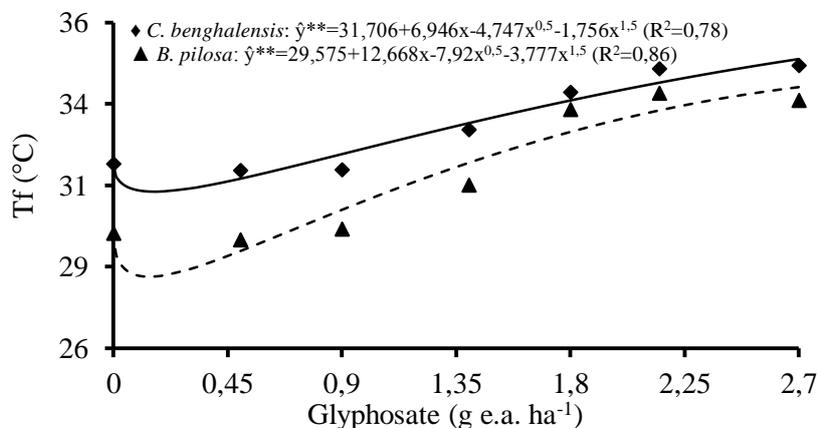
Tabela 2.6 - Desdobramento da interação dose x espécie para condutância estomática (G_s) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate.

Dose	Condutância Estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	20 DAA		30 DAA	
	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>
0,00	0,35	0,51	0,21a	0,32a
0,45	0,33	0,90	0,31a	0,53a
0,90	0,38	0,67	0,39a	0,15b
1,35	0,33	0,61	0,20a	0,09a
1,80	0,17	0,45	0,12b	0,78a
2,25	0,07	0,31	0,51a	0,28b
2,70	0,07	0,40	0,52a	0,52a
Média	0,24B	0,55A	0,32	0,38

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não se diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

Ao desdobrar as avaliações realizadas para T_f , aos 20 e 30 DAA, foi ajustado um modelo polinomial de terceira ordem cúbico raiz (Figura 2.6). Foi observado que, aos 20 DAA, houve tendência de redução de valores de T_f no intervalo de 0,00 e 0,15 g e.a. ha^{-1} . A partir deste limite, a tendência foi crescente, com ponto máximo ocorrendo para a dose de 2,10 g e.a. ha^{-1} . Neste intervalo, os valores de T_f foram superiores para *C. benghalensis* com relação *B. pilosa*, com amplitude máxima na dose 0,14 g e.a. ha^{-1} (2,63 °C) e mínima entre as doses 2,35 e 2,55 g e.a. ha^{-1} (0,83 °C). Para a valiação realizada aos 30 DAA, mesmo ocorrendo interação dose espécie, não foi possível delinear um modelo de tendência.

Alterações no uso eficiente de água pelas plantas em função da aplicação de herbicidas (PIESANTI e outros, 2012) influenciam a temperatura foliar. A menor disponibilidade de água foi relacionada à elevação de T_f em relação à temperatura do ambiente. Em condições de estresse hídrico induzido, foi verificada elevação de 8% para T_f (PEREIRA e outros, 2011). Pereira e outros (2010), ao estudarem o efeito de herbicidas em monocotiledôneas, em diferentes tipos de restrição hídrica, verificaram que a diferença de temperatura ambiente e T_f atingiram 8,2 a 13°C entre manejo hídrico severo e sem restrição hídrica.



**Significativo, a 1% de probabilidade, pela análise de variância de regressão.

Figura 2.6 - Temperatura foliar (*Tf*) e desdobramentos da interação entre subdoses e espécies aos 20 DAA de glyphosate para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*.

Para o desdobramento da interação, em que são evidenciadas as comparações entre as espécies, foi verificada tendência de maiores valores de *Tf* para *C. benghalensis*, na avaliação realizada aos 20 DAA (Tabela 2.7).

Entretanto, aos 30 DAA, tal efeito não foi fixado, ocorrendo oscilações de contrastes entre as espécies, sem evidências de convergência de resposta entre as espécies.

De acordo com Aspiazu e outros. (2010), *Tf* é afetada pela taxa de metabolismo das folhas, sendo mantido o patamar de 1 a 3°C superior à temperatura ambiente. Os citados autores verificaram que os menores valores de *Tf* para *B. pilosa*, em relação à *C. benghalensis*, podem estar relacionados à maior taxa metabólica, devido à ocorrência de maiores valores da taxa de carboxilação. Outro aspecto importante a ser observado é a elevada capacidade de transpiração de *B. pilosa*, resultando em um eficiente mecanismo de redução da elevação térmica desta espécie (SANTOS e CURY, 2012).

Tabela 2.7 - Desdobramento da interação dose x espécie para temperatura foliar (°C) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate.

Dose	Temperatura foliar (<i>T_f</i>)			
	20 DAA		30 DAA	
	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>
0,00	31,68a	29,53b	31,28b	32,08a
0,45	31,45a	29,33b	33,10a	33,30a
0,90	31,48a	29,65b	32,40b	33,38a
1,35	32,70a	31,00b	34,48a	34,40a
1,80	33,85a	33,33a	33,20a	30,65b
2,25	34,58a	33,83b	31,63a	31,78a
2,70	34,63a	33,60b	33,83a	34,38a
Média	32,91	31,46	32,84	32,85

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não se diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

Nas avaliações realizadas aos 20 e 30 DAA, para as duas espécies em estudo, o desdobramento da interação dose e espécie foi definido pelo modelo polinomial de terceira ordem cúbico raiz (2.7A e 2.7B). Foi observado que, aos 20 DAA, ocorreu superioridade de taxas de, na ordem de 51,62%, de *B. pilosa* em relação *C. benghalensis*. No entanto, para ambas as espécies verificaram-se intervalos em que os valores observados são inferiores aos valores expressos na testemunha.

Para *B. pilosa*, tal intervalo se deu entre as doses de 2,0 e 2,55 g e.a. ha⁻¹ (0,052 e 0,053 μmol m⁻² s⁻¹ Pa⁻¹, respectivamente); para *C. benghalensis*, o intervalo inicia-se na dose de 1,37 g e.a. ha⁻¹ (0,03 μmol m⁻² s⁻¹ Pa⁻¹), mantendo a tendência decrescente até a dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ (0,015 μmol m⁻² s⁻¹ Pa⁻¹). Deste modo, *B. pilosa* apresenta aumento na carboxilação nas maiores subdoses de glyphosate que *C. benghalensis*, mesmo verificando o efeito hormético para ambas (Figura 2.7B).

Para *C. benghalensis*, ampliou-se discretamente a relação (0,021 μmol m⁻² s⁻¹ Pa⁻¹), quando comparado com o *B pilosa* (0,009 μmol m⁻² s⁻¹ Pa⁻¹), adstrito às doses de 0,00 a 0,22 g e.a. ha⁻¹, subsequentemente a carboxilação limita-se à testemunha (Figura 2.7A). Manifestando as particularidades entre espécies, a respeito da relação com espécies de porte

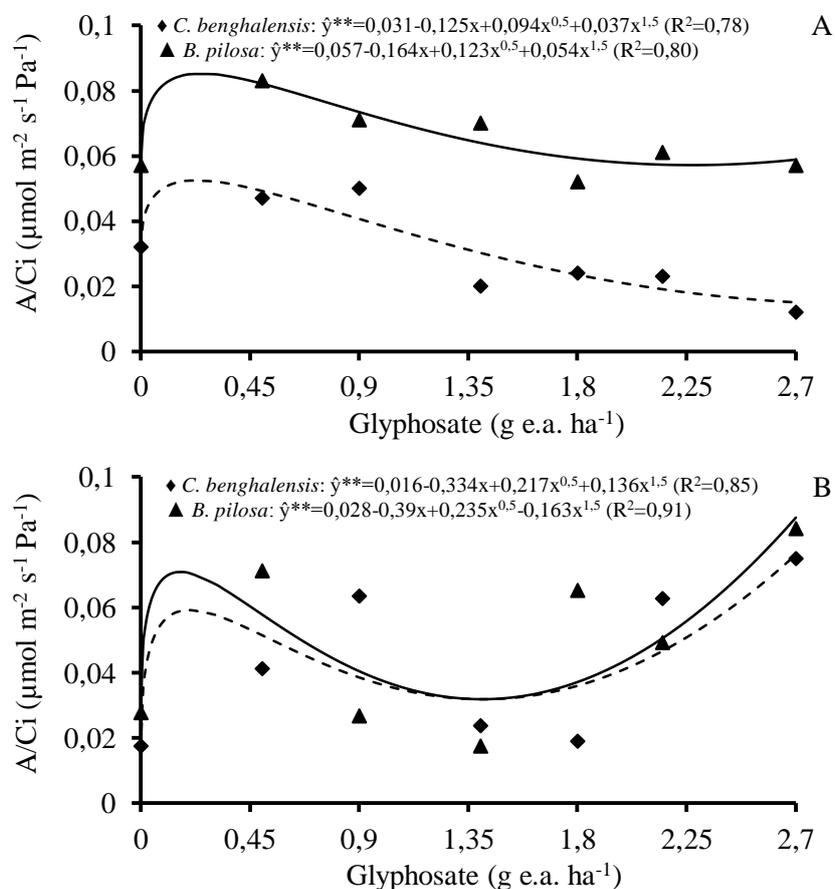
eretos, sendo mais tolerantes às subdoses de herbicida que plantas semiprostradas.

A abordagem sobre carboxilação, feita sobre a relação, é escassa, sendo a maioria dos trabalhos relacionam a atividade da rubisco como forma de determinação o potencial de carboxilação. Segundo Cedergreen e Olesen (2010), o aumento na atividade da enzima ribulose-bisfosfato carboxilase/oxigenase aumenta a rotação de substrato a ser carboxilado, aumentando o uso de fosfato triose, aumentando a fixação de carbono. Assim, para que ocorra o aumento na carboxilação, é necessário o aumento na G_s , a diminuição nas taxas de A e aumento nas concentrações de C_i .

Aos 30 DAA (Figura 2.7B) foi observado que a ascendência na carboxilação, mostrada por *B. pilosa* em relação à *C. benghalensis*, foi atenuada em comparação à avaliação anterior, com magnitude máxima entre espécies ($0,031 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$), na dose de $0,30 \text{ g e.a. ha}^{-1}$. *B. pilosa* apresentou tendência superior de taxa de que a *C. benghalensis*.

As espécies mantiveram a carboxilação superior à testemunha, sendo os maiores valores de $0,087$ e $0,076 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$, observados na dose de $2,70 \text{ g e.a. ha}^{-1}$. Tanto a trapoeraba quanto o picão-preto apresentaram a menor taxa de $1,37 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ ($0,030 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$), induzindo uma queda na tendência, ainda assim, esta permanece superior à testemunha, ratificando que as subdoses de glyphosate propiciaram o efeito hormético, como visto para a fotossíntese. A elevação na carboxilação, ocorrida no intervalo $0,00$ a $0,18 \text{ g e.a. ha}^{-1}$, bem como no intervalo de $1,38$ a $2,70 \text{ g e.a. ha}^{-1}$, e diminuição dessa no intervalo de doses de $0,18$ a $1,38 \text{ g e.a. ha}^{-1}$, é resultado da dependência que essa variável sofre sobre os efeitos da fotossíntese.

Essa relação de dependência foi definida por Lawlor e Cornic (2002) como uma resposta específica de algumas espécies vegetais, caracterizadas por uma relação paralela e linear ao decréscimo no conteúdo relativo de água. O teor relativo de água pode influenciar a carboxilação, alterando a concentração de C_i em função da baixa ou alta condutância estomática.



**Significativo, a 1% de probabilidade, pela análise de variância de regressão.

Figura 2.7 - Eficiência de carboxilação (A/C_i) e desdobramentos da interação entre subdoses e espécies aos 20(A) e 30(B) DAA de glyphosate para plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*.

Efeito de interação entre doses e espécies foi verificado apenas para as avaliações realizadas aos 30 DAA. Aos 20 DAA, foi verificado efeito gerla entre espécies, sendo a eficiência de carboxilação de *B. pilosa* superior à *C. benghalensis*. Aos 30 DAA, tal tendência foi mantida para todas as situações em que houve aplicação das doses de glyphosate (Tabela 2.8).

Tabela 2.8 - Desdobramento da interação dose x espécie para a eficiência de carboxilação (A/C_i) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 DAA (dias após a aplicação de subdoses de glyphosate).

Dose	Eficiência de carboxilação ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$)			
	20 DAA		30 DAA	
	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>
0,00	0,032	0,057	0,042a	0,052a
0,45	0,047	0,085	0,043b	0,073a
0,90	0,050	0,071	0,034b	0,064a
1,35	0,020	0,070	0,025b	0,025a
1,80	0,024	0,052	0,026b	0,076a
2,25	0,023	0,061	0,057b	0,067a
2,70	0,012	0,057	0,078b	0,088a
Média	0,029B	0,064A	0,043	0,063

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não se diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

O *EUA* corresponde à quantidade de CO_2 fixado na matéria seca em função da quantidade de água transpirada. Ometto e outros (2003) explicam que esta característica é dependente dos fatores edáficos. Taiz e Zeiger (2004) ratificam que, além dos fatores edáficos, o *EUA* é maior em plantas C4 que em plantas C3, logo, quanto maior a fotossíntese, maior o *EUA*, devido ao maior consumo de CO_2 .

Assim, os resultados obtidos estão diretamente relacionados com as teorias apresentadas. Foi observado que o maior *EUA* ocorreu nos pontos de maior A. Machado e outros (2010) citam que o *EUA* é dependente da abertura estomática, pois quanto maior o período em que os estômatos ficam abertos, maior é a absorção de CO_2 a ser utilizado no processo fotossintético e maior é a perda de água por transpiração.

Aos 20 DAA, no desdobramento da interação, foram delineados modelos polinomiais de terceira ordem cúbicos raiz para a *C. benghalensis* e *B. pilosa*. Para a *C. benghalensis*, foi verificado que a relação A/E foi inferior à *B. pilosa*, apresentando valores de *EUA* sempre inferiores, bem como menor amplitude (taxa máxima de *EUA* de $5,53 \mu\text{mol CO}_2 \text{mmol H}_2\text{O}$ na dose de $0,07 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ e taxa mínima de $2,06 \mu\text{mol CO}_2 \text{mmol H}_2\text{O}$ na dose de $2,70 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) em relação à *B. pilosa* (taxa máxima de *EUA* de $4,18$

$\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$ na dose de 0,24 g e.a. ha^{-1} e taxa mínima de 2,06 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$ na dose de 2,68 g e.a. ha^{-1}). A partir do ponto de máximo *EUA*, à medida que a dose de glyphosate é aumentada, a tendência decresce até a última dose estudada, para as avaliações aos 20 e 30 DAA, no entanto, o intervalo de doses com valores de *EUA* superiores à testemunha é maior em *C. benghalensis* (0,01 a 1,25 g e.a. ha^{-1}) que em *B. pilosa* (0,07 a 0,3 g e.a. ha^{-1}) (Figura 2.8A).

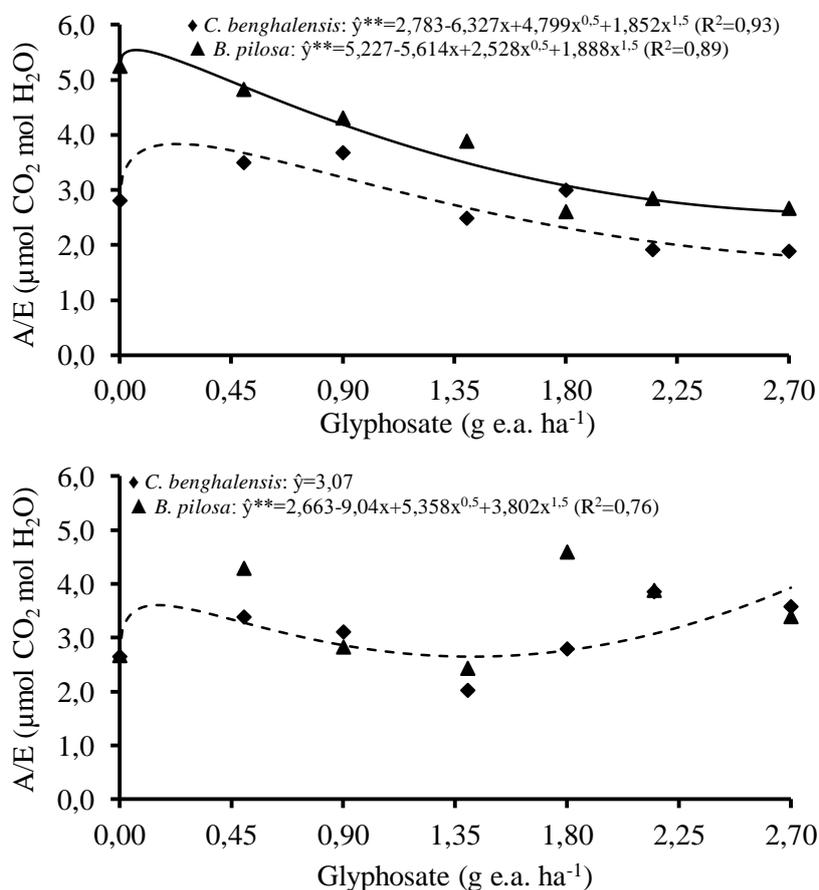
Os resultados obtidos para o desdobramento da avaliação aos 20 DAA denotam a diferença entre espécies para *EUA*, esse comportamento nas tendências está de acordo com as literaturas consultadas. Aspiazú e outros (2010) citam que *B. plantaginea* apresenta *EUA* maior que *B. pilosa*. Carvalho (2011) verificou que a aplicação de glyphosate estimula o *EUA* em plantas de café no intervalo de dose entre 0,00 a 815 g e.a. ha^{-1} . Tais resultados estão de acordo aos encontrados, uma vez que para as espécies as amplitudes diferentes ocorrem em função da aplicação de subdoses de glyphosate.

Aos 30 DAA, bem como aos 20 DAA, foi delineado um modelo polinomial de terceira ordem cúbico raiz para *C. benghalensis*, para o desdobramento da interação, no entanto, não foi possível ajustar um modelo representativo para *B. pilosa*. Para *C. benghalensis*, foi observada uma amplitude inferior à encontrada aos 20 DAA (taxa máxima de *EUA* de 3,92 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$ na dose de 2,70 g e.a. ha^{-1} e taxa mínima de 2,64 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$ na dose de 1,40 g e.a. ha^{-1}).

Apesar dos pontos de *EUA* máxima ocorrerem para as doses mais elevadas, o intervalo em que os valores são superiores à testemunha, observado aos 20 DAA, permanece inalterado, porém, no intervalo de dose de 1,40 a 1,55 g e.a. ha^{-1} , os valores observados são inferiores à testemunha, a partir desse ponto, há uma elevação nos valores de *EUA* até a dose extrema. Tais resultados expressam que a relação A/E para a trapoeira é uma característica amplamente variável em função do aumento da dose de

glyphosate, enquanto que, para picão-preto, porta-se menos sensível à aplicação aos 30 DAA (Figura 2.8B).

Os resultados apresentados pelos autores citados para o desdobramento, aos 20 DAA, estão de acordo aos encontrados aos 30 DAA. Porém, ambos os trabalhos citados relatam efeitos no *EUA*. Todavia, Machado e outros (2010), ao estudarem o efeito de subdoses de glyphosate no *EUA* em plantas de eucalipto, não verificaram diferenças para as doses. Esse resultado está de acordo o obtido para *B. pilosa* aos 30 DAA.



**Significativo, a 1% de probabilidade, pela análise de variância de regressão.

Figura 2.8 - Uso eficiente da água (*A/E* ou *EUA*) e desdobramentos da interação Dose x Espécie aos 20(A) e 30(B) DAA de glyphosate em plantas *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*.

Para a relação de eficiência de uso da água (*EUA*), o efeito da interação entre doses e espécies verificadas aos 20 DAA foi mantido até os 30 DAA, embora com ausência de interação entre fatores (Tabela 2.9). Em ambas as avaliações, os valores de *EUA* foram superiores para *B.pilosa*, em relação à *C. benghalensis*.

Aspiazu e outros (2010), em estudos sobre trocas gasosas, verificaram valores inferiores aos observados no presente estudo e, para *B. pilosa*, valores menores em comparação à *C. benghalensis*. A marcante superioridade de valores de *A/E* de *C. benghalensis* foi mantida, mesmo considerando a presença e a ausência do tratamento com o glyphosate.

Tabela 2.9 - Desdobramento da interação dose x espécie para uso eficiente da água (*A/E*) em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 e 30 dias após a aplicação de subdoses de glyphosate.

Dose	A/E ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$)			
	20 DAA		30 DAA	
	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>	<i>C. benghalensis</i>	<i>B. pilosa</i>
0,00	2,650b	3,770a	2,650	2,668
0,45	3,490b	4,830a	3,385	4,290
0,90	3,680b	4,300a	3,108	2,828
1,35	2,480b	3,880a	2,023	2,433
1,80	2,290b	2,600a	2,792	4,593
2,25	1,910b	2,850a	3,855	3,880
2,70	1,880b	2,660a	3,578	3,393
Média	2,625	3,555	3,055B	3,440a

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não se diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

3.2 Correlação de Pearson

Para *C. benghalensis*, aos 20 DAA, foi verificado alto grau de correlação positiva entre *E*, *Gs*, *A* e *A/E*. Entretanto, tanto para temperatura da folha (*Tf*) quanto para concentração interna de CO_2 , foram mantidas correlações negativas, quando significativas (Tabela 2.10).

Aos 20 DAA, Tf da trapoeraba foi crescente à medida que as doses de glyphosate foram aumentadas. O comportamento da Tf relaciona-se intimamente com as condições ambientais da data de avaliação. A baixa umidade e alta temperatura externa são fatores que interferem na G_s , causando o fechamento dos estômatos e diminuindo E .

Desta forma há concentração dos gases nas câmaras subestomáticas, exercendo pressão sobre as células guarda, resultando em maior déficit de pressão de vapor (LEMOS e outros, 2012). Esse efeito está relacionado a plantas C3, que possui alto ponto de saturação de CO_2 e, particularmente para trapoeraba, que é uma planta com menor número de estômatos que picão-preto (ASPIAZÚ, 2009).

Nas doses iniciais, as relações envolvendo altas taxas G_s associada à alta A , conseqüentemente, ocorre maior demanda evaporativa, estimulando os mecanismos de carboxilação através da atividade da rubisco. Ou seja, em condições de baixas correlações com C_i , o CO_2 é consumido em função do aumento da taxa metabólica (ASPIAZÚ, 2009). Para as doses mais elevadas, o que se observa é uma retroinibição por intoxicação ocasionada pela aplicação do herbicida.

Observou-se para *B. pilosa*, aos 20 DAA, correlação negativa de Tf com G_s , A e A/E e positiva para Tf com E . C_i apresenta correlações negativas com A e E . E mantém correlação positiva com A/E e G_s (Tabela 2.10).

As correlações apresentadas diferem do comportamento observado para trapoeraba, sugerindo que os mecanismos de adaptabilidade de *B. pilosa*, apesar de serem bem difundidos, são pouco conhecidos. Logo, as inferências realizadas para as correlações surgem da teoria geral para trocas gasosas. Todavia, Aspiazú e outros (2010) afirmam que plantas do gênero *Bidens* possuem menor ponto de saturação de CO_2 , mantendo os estômatos abertos por tempo maior que a trapoeraba, resultando em maior E , mesmo com G_s baixa.

Este fato explica a correlação positiva de Tf com E , e a correlação negativa de Tf com G_s , pois ambas exercem pressão oposta a G_s , resultando em menor déficit de pressão de vapor, diminuindo a EUA .

Tf de picão-preto, bem como A foi superior para trapoeraba aos 20 DAA, devido ao picão-preto possuir baixa capacidade de armazenamento de CO_2 no interior dos espaços do mesofilo. Este fato confere maior taxa de A e maior consumo de CO_2 , mesmo com baixo Ci , ou seja, maior A mesmo com menor G_s (CORNIANI e outros, 2006).

Outro fator importante para as trocas gasosas em *B. pilosa* é que essa espécie possui superior capacidade na absorção de água do solo, sendo este um mecanismo compensatório para a sua baixa especialidade nos processos que envolvem as trocas gasosas foliares, quando comparada à *C. benghalensis*. Porém, é importante ressaltar a diferença de estratégias de sobrevivência das espécies.

Tabela 2.10 - Correlação geral e para o desdobramento da interação doses x espécies entre concentração interna da temperatura da folha (Tf), concentração de CO_2 na câmara sub-estomática (Ci), transpiração (E), condutância estomática (G_s), eficiência de carboxilação (A/Ci), fotossíntese líquida (A) e uso eficiente da água (A/E), para plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 20 DAA de glyphosate. Vitória da Conquista, Bahia, 2013.

20 DAA							
Caract.	Ci	E	G_s	A/Ci	A	A/E	
Trapoeraba							
Tf	-0,1671	-0,8075 **	-0,8014 **	-0,5801 **	-0,5882 **	-0,6329 **	
Ci		0,1043	0,0568	-0,1888	-0,4865 **	-0,6010 **	
E			0,7313 **	0,5763 **	0,6213 **	0,6036 **	
G_s				0,5326 **	0,6006 **	0,5792 **	
A					0,8883 **	0,7071 **	
ACI						0,9072 **	
Picão-preto							
Tf	-0,2603	0,7724 **	-0,5775 **	-0,2884 *	-0,3849 **	-0,8492 **	
Ci		-0,3223 *	0,0337	-0,5833 **	-0,4582 **	-0,1061	
E			-0,0281	0,2029	0,1336	-0,6777 **	
G_s				0,7669 **	0,8475 **	0,5937 **	
A					0,9873 **	0,6029 **	
ACI						0,5473 **	

** - significativo a 1% ($p > 0,01$), * - significativo a 5% ($p > 0,05$) e ns - não significativo pelo teste de F.

A correlação negativa mantida entre Tf com Gs e A/E ocorreu pela interferência da aplicação do glyphosate em Gs , diminuindo potencial hídrico foliar e transpiração, impedindo parcialmente a refrigeração da planta de trapoeraba (Tabela 2.11).

Foram verificadas para Ci , aos 30 DAA, as correlações negativas apresentadas aos 20 DAA, que foram mantidas, ocorrendo também correlação negativa com Gs para plantas de trapoeraba. Este fato indicou que aos 30 DAA os estômatos mantiveram-se abertos, aumentando as taxas de A e A/E , bem como Gs e E , nas doses mais elevadas de glyphosate. Machado e outros (2009) afirmam que aumento na condutância estomática provoca a queda na concentração interna de CO_2 , diminuindo a fotossíntese, corroborando os resultados observados, maior taxas de A em menores valores de Ci . Os mesmos autores citam que esses resultados são característicos de estudos em ambientes protegidos.

As alterações citadas são características marcantes de novos tecidos, pois fotorrespiram mais que tecidos senescentes e mantém alta taxa de carboxilação e EUA como fator de crescimento. Para tanto, verificou-se que nos tecidos jovens ocorre taxas fotossintéticas mais elevadas associadas à elevada condutância estomática e transpiração, havendo um ponto de compensação para a manutenção da correlação positiva.

Como observado por Pereira (2009), E e A estão inteiramente conexas à condutância estomática, pois as plantas transpiram mais intensamente, devido à maior abertura estomática, fato que é contrariamente harmônico à temperatura foliar. Em plantas C3, a correlação entre as variáveis relacionadas às trocas gasosas foi comprovada por diversos pesquisadores.

A relação entre A e E foi caracterizada por coorelação positiva elevada. O quociente dessa relação nos remete à produtividade da E , isto é, à quantidade de água transpirada para fixação de uma unidade de CO_2 e, para aumento em A , deve-se haver perda de água pela E .

Tabela 2.11 - Correlação geral e para o desdobramento da interação doses x espécies entre concentração interna da temperatura da folha (*Tf*), concentração de CO₂ na câmara sub-estomática (*Ci*), transpiração (*E*), condutância estomática (*Gs*), eficiência de carboxilação (*A/Ci*), fotossíntese líquida (*A*) e uso eficiente da água (*A/E*), para plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, aos 30 DAA de glyphosate. Vitória da Conquista, Bahia, 2013.

30 DAA						
Caract.	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>Gs</i>	<i>A/Ci</i>	<i>A</i>	<i>AE</i>
Trapoeraba						
<i>TF</i>	-0,1515	0,2338	-0,0826	-0,0230	-0,0460	-0,2091
<i>Ci</i>		-0,5329 **	-0,4601 **	-0,7433 **	-0,7017 **	-0,5065 **
<i>E</i>			0,8806 **	0,8694 **	0,8838 **	0,0832
<i>Gs</i>				0,8726 **	0,8957 **	0,1791
ACI					0,9929 **	0,3945 **
<i>A</i>						0,3841 *
Picão-preto						
<i>TF</i>	-0,1996	0,0999	-0,3952 **	-0,0748	-0,1466	-0,5514 **
<i>Ci</i>		-0,2176 *	-0,0478	-0,4375 **	-0,3491 *	-0,4591 **
<i>E</i>			0,7142 **	0,9087 **	0,9094 **	0,3865 *
<i>Gs</i>				0,7741 **	0,8429 **	0,6481 **
ACI					0,9899 **	0,7091 **
<i>A</i>						0,7213 **

** - significativo a 1% ($p > 0,01$), * - significativo a 5% ($p > 0,05$) e ns - não significativo pelo teste F.

4 CONCLUSÃO

As trocas gasosas foram estimuladas por doses inferiores a 1,35 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate até os 20 dias, após a aplicação;

As doses entre 1,35 e 2,70 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate foram relacionadas à elevação das trocas gasosas, a partir de 20 dias após a aplicação;

A fotossíntese líquida foi afetada pelas subdoses de glyphosate, elevando as relações nas quais é componente direto.

CAPÍTULO 3: Morfologia de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate

1 INTRODUÇÃO

O uso de herbicidas nas lavouras representa um marco na implantação e sucesso do plantio direto (MELHORANÇA FILHO e outros, 2010). É uma prática consolidada na agricultura tecnificada, que visa à diminuição da competição intraespecífica entre plantas daninhas e a cultura (EDGE e outros, 2013), além de possibilitar melhores produções.

Herbicidas de uso consolidado como 2-4 D e glyphosine (antecessor do glyphosate), inicialmente foram trabalhados em baixas doses, como reguladores de crescimento, apresentando-se eficientes na estimulação da síntese de auxina (SILVA e outros 2012a). Atualmente, a utilização de baixas dosagens de herbicida é classificada como hormese, fenômeno caracterizado por estimular o crescimento vegetal, a partir de baixas doses de produtos que, em doses elevadas, são tóxicos às plantas (CALABRESE e BALDWIN, 2002).

O efeito hormético foi descrito na agricultura a partir do uso de radiação, a fim de promover o desenvolvimento vegetal com base em diversas áreas da ciência (VELINI e outros, 2008), Wang e Cui (2012) citam que a baixa radiação pode induzir alterações no ácido ribonucleico (RNA), resultando na diminuição da projeção de doenças. Além disso, a baixa radiação pode induzir respostas adaptativas que atuam como protetores celulares a doenças ou fitotoxicidade provocada por produtos químicos (XING e outros, 2012).

Contudo, Duke e outros (2007) descrevem que os herbicidas são importantes para se conhecer o efeito da hormese na biologia das plantas, devido ao baixo custo e facilidade de manuseio, quando comparado com o uso da radiação. Dentre estes, o oxifluorfen, dalapon, bromoxynil, tebacil,

2,4 D, glyphosine, glyphosate e diuron são mais citados como promotores do efeito hormético.

No entanto, o glyphosate é o herbicida mais utilizado e estudado para a promoção do crescimento vegetal, aumentando a massa da raiz, caule e folhas em diversas espécies de plantas (SILVA e outros, 2012b). Velini e outros (2008) observaram esse efeito para com *Coffea arabica*, *Eucalyptus gaudis*, *Glycine max* e *Commelina benghalensis*; Silva e outros (2009) observaram em cana-de-açúcar e, de forma inovadora, Silva e outros (2012c) observou que o glyphosate afetou de forma negativa a germinação de sementes de *Phaseolus vulgaris* L.

A maioria dos estudos que relatam o tema aborda, principalmente, as culturas, tornando o estudo da hormese teórico e de pouca aplicação prática. Contudo, uma forma de tornar o tema aplicável na agricultura é abordar culturas em consórcio com as plantas daninhas, uma vez que a indução de hormese a campo afetaria ambas. Assim, é necessário descrever e entender como o uso de baixas doses de herbicidas podem afetar tais plantas, uma metodologia passível de ser adotada é a caracterização fenotípica de espécies com alta e baixa plasticidade fenotípica como são a *Commelina benghalensis* e a *Bidens pilosa*, respectivamente.

Cochard e outros (2002) afirmam que a aplicação de glyphosate pode influenciar diretamente no uso eficiente de água, condutância estomática, entre outras alterações e, em doses elevadas, levam à morte das plantas, bem como alterações na anatomia foliar (necrose, clorose, má formação e enrugamento foliar, e meristemática), provocadas entre a absorção e morte das plantas em aplicação de doses letais.

Face ao exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito das subdoses de glyphosate no acúmulo de massa e alterações morfológicas em plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

Os experimentos foram realizados nos anos 2012 e 2013 em casa de vegetação, na unidade experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, *campus* de Vitória da Conquista, Estado da Bahia. O município está localizado na Região Sudoeste do Estado, na microrregião do Planalto de Conquista, localizada a 900 m de altitude, 14°50' Sul e longitude 40°50' Oeste, com media de temperatura em torno dos 20,7°C. O clima regional é classificado baseado no sistema Internacional de Köppen, como tropical de altitude (Cwa), de acordo com precipitação média anual de 733,9 mm.

2.2 Material utilizado e delineamento experimental

Cada ensaio foi composto por uma espécie vegetal distinta, no primeiro foi utilizada a trapoeraba (*Commelina benghalensis*), proveniente de sementes coletadas no Campus Experimental da UESB; as sementes passaram por escarificação química com ácido sulfúrico (98%), através da imersão por dois minutos. O segundo ensaio composto por plantas de Picão-preto (*Bidens pilosa*) oriundas de sementes coletadas em lavoura de algodão no Oeste da Bahia.

As sementes foram realizadas no dia 18 de setembro de 2012 e a emergência para plantas de trapoeraba e picão-preto ocorreram 15 e 25 dias após a sementeira, respectivamente. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para três litros, contendo solo retirado da camada arável da área de pesquisa da UESB, solo classificado como sendo Cambissolo

Háplico distrófico (VIEIRA e outros, 1998), textura média, com características químicas descritas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Caracterização química de amostras do solo utilizado, em outubro de 2012, antes da implantação do experimento.

Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC	V%	SB
----- cmol ₃ dm ⁻³ -----								
0,8	0,6	0,2	0,7	3,6	0,03	4,43	18,70	81,30
Zn	B	Cu	Fe	Mn	P (Mel)	S	M.O.	pH_H ₂ O
----- dag dm ⁻³ -----						mg dm ⁻⁴	dag dm ⁻³	
1	0,15	0,61	68,6	1,5	31,6	6,4	0,7	4,75

Fonte: Laboratório de química de solo da UESB.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, compostos por seis subdoses de glyphosate e a testemunha (0, 0,45, 0,90, 1,35, 1,80, 2,25 e 2,70 g e.a. ha⁻¹), em ambos os experimentos, cada parcela foi constituída por quatro vasos, contendo 2 plantas em cada, esses foram semanalmente alternados de posição para fins de casualização. Foram realizadas adubações com 2,5 g por vaso, fórmula 4-14-8 de NPK, aos 10 e 30 dias após a emergência.

A aplicação ocorreu no dia 10 de novembro de 2012, em ambos os ensaios, quando as plantas apresentaram de 10 a 15 cm de comprimento de caule e/ou quatro a cinco folhas. A aplicação foi realizada na parte da manhã, com ventos de 3 km h⁻¹ e temperatura ambiente de 26°C, utilizando um pulverizador costal pressurizado a CO₂ (2 kgf. cm⁻²), acoplado a uma barra contendo dois bicos de jato plano 110.02 VS, com consumo de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

2.3 Dados de temperatura máxima, média e mínima.

As temperaturas máximas, médias e mínimas registradas durante a execução do ensaio, divididas em semanas, iniciando na primeira semana de setembro à segunda semana de dezembro foram organizadas na Figura 3,1. A pequena amplitude de variação expressam a condição do ambiente protegido em casa de vegetação.

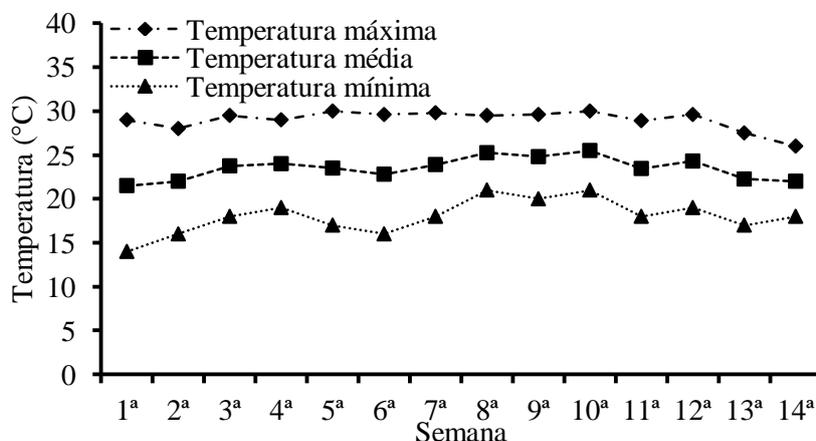


Figura 3.1 - Temperatura máxima, média e mínima (°C) durante a execução do experimento, dividida em semanas, iniciada na primeira semana de setembro até a segunda semana de dezembro de 2012, em casa de vegetação, Vitória da Conquista-BA.

2.4 Variáveis analisadas

Aos 20 e 30 dias após a aplicação de glyphosate, foram avaliadas as seguintes características:

- Altura de plantas (cm) – obtida pela medição da parte basal até o ápice caulinar, utilizando-se uma régua;

- Massa seca e fresca: Após pesado, para determinação da massa fresca, o material vegetal foi seco em estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 60°C, por 48 horas, decorrido este período as plantas foram

pesadas novamente para obter a biomassa das diferentes partes (folhas, caule e raízes);

- Número de perfilhos, número de folhas verdes e secas, obtidos a partir da contagem manual no momento da avaliação;

- Diâmetro do caule, medido com paquímetro no terceiro internódio do ramo principal;

- Extensão foliar: medida na folha mais jovem totalmente expandida, no sentido basípeto, provinda do meristema apical;

- Área foliar total da planta, determinada após a coleta de todas as folhas das plantas avaliadas, a área foi determinada por um integralizador de área, modelo LI-3100, LI-COR, USA.

2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e os modelos definidos por análise de variância da regressão, pelo método dos polinômios ortogonais através do software SAEG, versão 9.1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os aspectos morfológicos de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* apresentam-se de forma distintas, desde a forma de ocupação, aos artificios lançados para se adaptar às condições adversas do ambiente. Dessa forma, para o entendimento do comportamento morfológico, em função da aplicação de subdoses de glyphosate, foram avaliadas distintamente, com finalidade de explorar as características intrínsecas de cada espécie.

3.1 Morfologia da *Commelina benghalensis*

Para a avaliação aos 20 DAA, verificou-se que na variável massa fresca do caule (MFC), massa fresca da folha (MFF), área foliar (AF), altura de plantas (ALT), massa seca do caule (MSC), massa seca da folha (MSF), massa seca total (MST), extensão foliar (EXTF) e massa fresca total (MFT) houve efeito da aplicação de glyphosate. A variável massa fresca da raiz (MFR), número de folhas secas (NSF), massa seca de raiz (MSR), diâmetro do caule (DIAM), número de folhas não apresentaram diferenças estatísticas entre si. No entanto, para a avaliação aos 30 DAA só não foi verificado efeito das subdoses de glyphosate para a variável número de folhas (NF) (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Resumo da análise de variância referente à peso de massa fresca do caule (MFC), da folha (MFF), da raiz (MFR) e total (MFT), número de folhas secas (NSF), área foliar (AF), altura de plantas (ALT), peso de massa seca do caule (MSC), da folha (MSF), da raiz (MSR) e total (MST), extensão foliar (EXTF) e número de folhas de plantas de *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*, avaliadas aos 20 e 30 dias após aplicação (DAA) de glyphosate.

Avaliação 20 DAA									
FV	GI	MFC	MFF	MFR	MFT	NSF	AF	ALT	
Dose	6	23,864 ^{ns}	30,367 ^{**}	168,402 [*]	447,154 ^{**}	195,865 ^{ns}	23047,45 [*]	31,071 ^{ns}	
Bloco	3	27,772 ^{ns}	6,956 ^{ns}	184,001 [*]	432,913 ^{**}	96,258 ^{ns}	7143,77 ^{ns}	14,183 ^{ns}	
Resíduo	18	21,685	4,090	54,907	119,215	110,897	4525,93	23,257	
CV (%)		27,195	22,383	32,928	22,437	76,060	26,62	25,802	
Avaliação 30 DAA									
Dose	6	18,969 ^{**}	6,928 ^{**}	399,356 ^{**}	539,336 ^{**}	1,101 ^{**}	5577,05 ^{**}	22,048 ^{**}	
Bloco	3	9,024 [*]	3,293 ^{ns}	5,657 ^{ns}	44,377 [*]	0,155 ^{ns}	344,03 ^{ns}	0,450 ^{ns}	
Resíduo	18	2,182	1,169	8,271	11,381	0,101	719,86	2,064	
CV (%)		17,26	18,220	18,230	10,450	44,230	16,23	15,650	
Avaliação 20 DAA									
FV	GI	MSC	MSF	MSR	MST	EXTF	DIA	NF	
Dose	6	1,623 ^{ns}	0,7958 [*]	1,742 ^{**}	6,990 ^{**}	1,492 ^{ns}	0,757 ^{**}	564,99 ^{ns}	
Bloco	3	0,954 ^{ns}	0,1244 ^{ns}	1,240 ^{ns}	5,468 ^{ns}	0,507 ^{ns}	0,472 ^{ns}	752,61 ^{ns}	
Resíduo	18	0,616	0,1035	0,548	2,517	0,598	0,194	286,38	
CV (%)		32,298	21,506	42,075	27,902	12,642	9,572	21,45	
Avaliação 30 DAA									
Dose	6	1,101 ^{**}	0,154 ^{**}	1,546 ^{**}	3,664 ^{**}	1,399 ^{ns}	1,946 ^{**}	212,32 ^{**}	
Bloco	3	0,155 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,038 ^{ns}	0,245 ^{ns}	0,727 ^{ns}	0,312 ^{ns}	30,24 ^{ns}	
Resíduo	18	0,101	0,031	0,178	0,300	0,630	0,453	23,10	
CV (%)		2,560	10,630	9,560	18,360	6,960	14,350	6,39	

** - significativo a 1% (p>0,01), * - significativo a 5% (p>0,05) e ns - não significativo pelo teste F, análise de variância

Para a MFC na avaliação realizada aos 30 DAA, foi delineado um modelo polinomial de terceira ordem cúbico raiz, aos 20 DAA e para MSC, em ambas as avaliações, não foi possível traçar um modelo significativo (Figura 2.2A e D). A amplitude de variação de MFC aos 30 DAA foi menor massa de 15,40 g na dose de 0,1 g e.a. ha⁻¹, e maior massa de 20,95 g na dose de 2,0 g e.a. ha⁻¹ (Figura 3.2A). Os resultados verificados para MFC e MSC retratam que apenas aos 30 DAA para MFC foi possível ajustar um modelo que definisse a tendência, no entanto, aos 20 DAA e para MSC houve diferença entre doses, porém, não se determina uma tendência de comportamento.

Carbonari e outros (2007), Silva e outros (2012b) e Silva e outros (2012c) estudaram diversas espécies e observaram o efeito hormese com uso do glyphosate no intervalo de doses estudado. Meschede e outros (2007), ao estudarem *C. benghalensis*, verificaram efeito positivo do uso do herbicida nas doses estudadas, principalmente acima de 2,0 g e.a. ha⁻¹.

Foram delineados para a MFF e MSF modelos polinomiais de terceira ordem cúbicos raiz, aos 30 DAA, e para avaliação aos 20 DAA não foi possível ajustar modelo, para ambas variáveis (Figura 3.2B e E). Para MFF, aos 30 DAA, verificou-se o ponto máximo na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹ (12,07 g) e mínimo na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ (5,15 g), amplitude maior que a observada aos 20 DAA, mesmo sem tendência definida, uma vez que as médias máxima e mínimo são inferiores aos extremos aos 30 DAA (Figura 3.2B). No entanto, para MSF, aos 30 DAA, o ponto máximo foi verificado na dose de 0,07 g e.a. ha⁻¹ (1,13 g) e mínimo na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ (0,95 g), amplitude maior que a observada aos 20 DAA, mesmo sem tendência determinada, uma vez que as aferições máximas e mínimas são inferiores aos extremos aos 30 DAA (3.2E).

Melhorança Filho e outros (2010), ao estudar a fitotoxicidade de baixas doses de glyphosate, aplicadas em diferentes partes da planta, observaram um efeito fitotóxico com maiores sintomas de injúrias em aplicações realizadas em caules e folhas, sendo os sintomas de injúria mais

evidentes e drásticos na primeira quinzena, após a aplicação, diminuídos à medida que as avaliações eram realizadas, passando de 70 para 50% de injúria aos 14 e 35 DAA, respectivamente, isso nas doses intermediárias. Meschede, Velini e Carbonari (2008) relataram que valores morfológicos relacionados ao estiolamento, como comprimento de caule e das nervuras foliares são mais afetados que as massas, uma vez que a massa é resultado do estiolamento, com o acúmulo de carbono. Logo, na ocorrência de efeito fitotóxico, ocorre a diminuição das massas em função do aumento de dose do herbicida.

Para a variável MFR, foi ajustado um modelo polinomial de terceira ordem cúbico para a avaliação aos 20 DAA e cúbico raiz aos 30 DAA de glyphosate (Figura 3.2C). Aos 20 DAA, a amplitude de variação de MFR (menor massa de 5,16 g na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ e maior massa de 36,69 g na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹) foi superior à verificada aos 30 DAA (menor massa de 15,30 g na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ e maior massa de 27,70 g na dose de 0,05 g e.a. ha⁻¹). Aos 20 DAA ocorreu tendência de decréscimos para MSR. Porém, a partir da dose de 0,98 g e.a. ha⁻¹, a curvatura torna a acentuar positivamente até a dose de 2,0 g e.a. ha⁻¹, ponto onde volta a decrescer, enquanto que aos 30 DAA há leve tendência ao aumento da MFR até a dose de 0,05 g e.a. ha⁻¹. A partir desse limite, aumentos das doses de glyphosate foram relacionadas à decréscimo de valores de MFR (Figura 3.2C).

Para a variável MSR, foi ajustado um modelo polinomial de terceira ordem cúbico para a avaliação aos 20 DAA, e cúbico raiz aos 30 DAA de glyphosate (Figura 3.2F). Aos 20 DAA, a amplitude de variação de MSR (menor massa de 1,08 g na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ e maior massa de 2,86 g na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹) foi menor que a verificada aos 30 DAA (menor massa de 1,16 g na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ e maior massa de 2,51g na dose de 0,05 g e.a. ha⁻¹).

Para o MFR foi observada a existência de ponto crítico na dose de 1,412 g e.a. ha⁻¹ entre as datas de avaliação; aos 20 DAA, as médias

diminuem até a dose de 0,53 g e.a. ha⁻¹, após esse ponto, mantêm alterações amenas até a dose de 1,91 g e.a. ha⁻¹, quando as médias decrescem, e aos 30 DAA, alçam-se inicialmente e decrescem latentemente em função do aumento na dose de glyphosate.

Tais resultados diferem dos encontrados por Silva e outros (2009) com cana de açúcar, com doses inferiores a 7,2 g e.a. ha⁻¹ proporcionando aumento da massa fresca da parte aérea das plantas. Grande parte dos estudos sobre o tema não abordam individualmente as diferentes partes da planta, dividindo apenas em parte radicular e aérea.

Esta metodologia pode levar a equívocos sobre a avaliação do efeito benéfico da hormese, pois, plantas com menores caules e com área foliar densa com aparente fitotoxicidade, mesmo com maior massa, não são produtivas e podem ser hospedeiros de pragas.

Monqueiro e outros (2004) citam que nem todas as moléculas do herbicida são metabolizadas, Rodrigues e outros (1982) explicam que as moléculas, quando não metabolizadas se direcionam para as raízes através do floema, assim passam a ser exudadas, ou em altas concentrações provocam necroses e levam as plantas à morte. Essas rotas acontecem principalmente em plantas que possuem mecanismos diferenciados de tolerância a este herbicida ou a outros, como é o caso da *C. benghalensis* para o glyphosate (MONQUEIRO e outros, 2004).

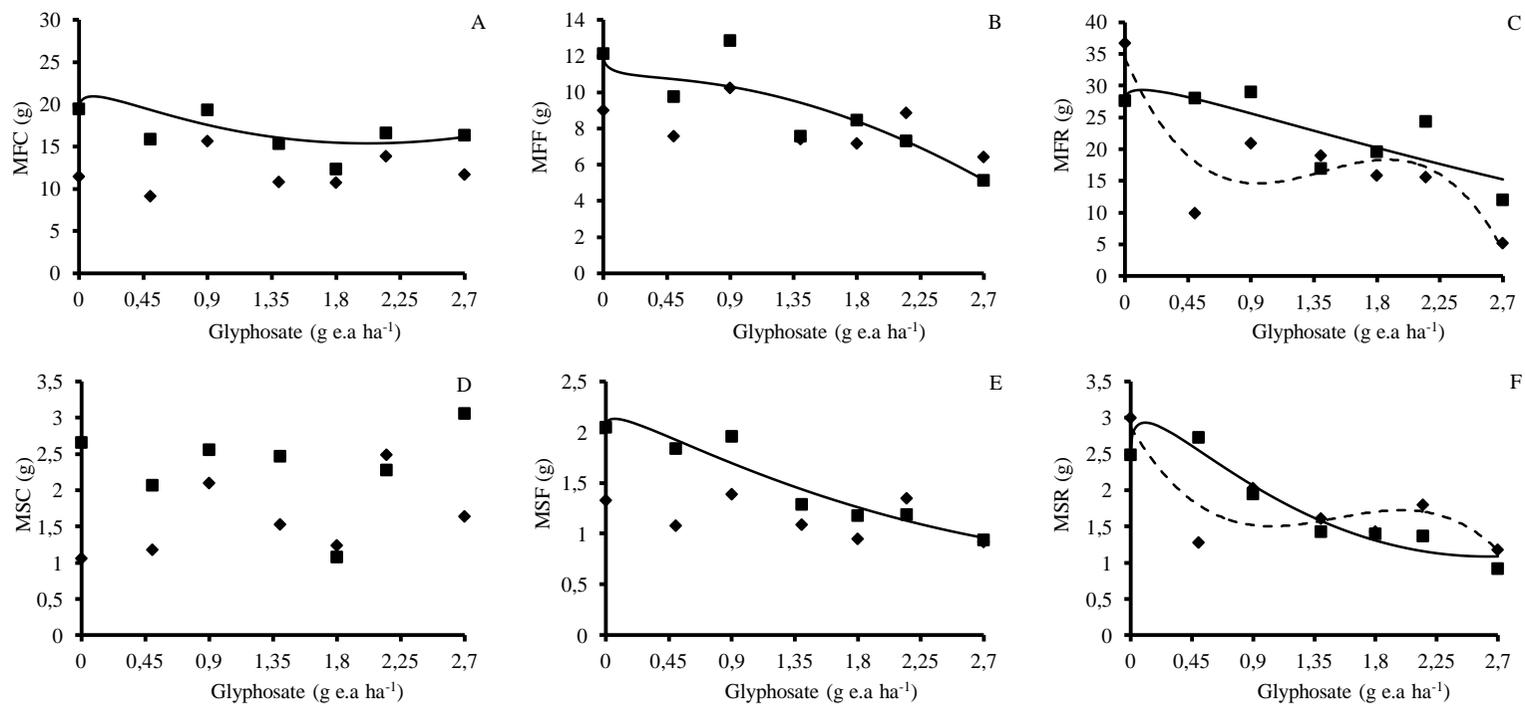


Figura 3.2 - Massa fresca do caule (MFC), A., massa fresca da folha (MFF), B, massa fresca da raiz (MFR), C, massa seca do Caule (MSC), D, massa seca da folha (MSF), E, massa seca da raiz (MSR), F, em plantas de *C. benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Detalhes referentes aos modelos para a relação entre as doses de glyphosate e massa fresca do caule (MFC), folha (MFF) e raiz (MFR) e massa seca do caule (MSC), folha (MFF) e raiz (MSR), aos 20 e 30 dias após a aplicação, foram descritos na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Modelos, significância e coeficiente de regressão para massa fresca do caule (MFC), folha (MFF) e raiz (MFR) e massa seca do caule (MSC), folha (MFF) e raiz (MSR) aos 20 e 30 dias após a aplicação de glyphosate.

Variável	DAA	Equação	R ²
MFC	20	$\hat{y} = 6,5$	0,96
	30	$\hat{y}^{**} = 19,3465 - 21,3583x + 11,0256x^{0,5} + 8,19736x^{1,5}$	
MFF	20	$\hat{y} = 0,8$	0,86
	30	$\hat{y}^{**} = 12,0739 + 6,48978x - 4,55457x^{0,5} - 3,82221x^{1,5}$	
MFR	20	$\hat{y}^{**} = 34,313 - 50,061x + 39,778x^2 - 9,3972x^3$	0,76
	30	$\hat{y}^{**} = 27,7042 - 14,8946x + 9,42787x^{0,5} + 2,76778x^{1,5}$	0,84
MSC	20	$\hat{y} = 0,9$	
	30	$\hat{y} = 1,4$	
MSF	20	$\hat{y} = 9,6$	0,86
	30	$\hat{y}^{**} = 2,0496 - 1,52202x + 0,68769x^{0,5} + 0,425808x^{1,5}$	
MSR	20	$\hat{y}^{**} = 2,51137 - 4,99119x + 2,72491x^{0,5} + 1,70704x^{1,5}$	0,89
	30	$\hat{y}^{**} = 2,8689 - 3,1939x + 2,3446x^2 - 0,5167x^3$	0,72

** - significativo a 1% ($p > 0,01$), * - significativo a 5% ($p > 0,05$) e ns - não significativo pela análise de variância da regressão.

Para a variável MFT, foi ajustado um modelo polinomial de terceira ordem cúbico para a avaliação aos 20 DAA, e cúbico raiz aos 30 DAA de glyphosate (Figura 3.3A). Aos 20 DAA, a amplitude de variação de MST (menor massa de 22,81 g na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ e maior massa de 54,13 g na dose de 0,00 g e.a. ha⁻¹) foi superior à verificada aos 30 DAA (menor massa de 36,60 g na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ e maior massa de 61,40 g na dose de 0,07 g e.a. ha⁻¹). Para MFT, aos 20 DAA, houve um comportamento decrescente da tendência, porém, a partir da dose de 0,80 g e.a. ha⁻¹, a tendência decrescente foi amenizada e a curvatura tornou a acentuar até a dose de 1,85 g e.a. ha⁻¹, ponto onde volta a decrescer. Aos 30 DAA, houve uma leve tendência ao aumento da MFT até a dose de 0,07 g e.a. ha⁻¹, ponto

do qual, à medida que a dose de glyphosate foi aumentada, a tendência do modelo foi decrescente linearmente (Figura 3.3A).

Aos 20 DAA, para a MST, não foi possível delinear um modelo que representasse o comportamento da tendência; aos 30 DAA, foi delineado um modelo polinomial de terceira ordem cúbicos raiz (Figura 3.3B). Para MFF, aos 30 DAA, verificou-se o ponto máximo na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹ (12,0739 g) e mínimo na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ (5,15 g), amplitude maior que a observada aos 20 DAA, mesmo sem tendência definida, uma vez que as médias máxima e mínima são inferiores aos extremos, aos 30 DAA (Figura 3.3B).

Para o presente estudo, as subdoses de glyphosate aplicadas não foram relacionadas a estímulos ao crescimento de *C. benghalensis*, fato que não corrobora com a literatura consultada. Meschede, Velini e Carbonari (2008), estudando essa espécie, observaram valores maiores de massa após aplicação de glyphosate, para todas as doses estudadas. Velini e outros (2008) observaram elevação nas massas para as mesmas doses em aplicações de plantas de *C. benghalensis* com 2 e 4 folhas no momento da aplicação. Isso evidencia o caráter biológico do princípio hormético, e que as condições de campo e climáticas influenciam diretamente no resultado final.

Subdoses de glyphosate comprometem o acúmulo de massa em plantas de soja convencional (MELHORANÇA FILHO e outros, 2010), bem como para café (CARVALHO, 2011) e para *Brachiaria plantaginea* (BASTIANI, 2000). No entanto, aumento na biomassa em função da aplicação de subdoses de glyphosate é relatado para doses entre 0,00 a 3,60 3,60 g e.a. ha⁻¹ (CARBONARI e outros, 2007), contrapondo os resultados encontrados.

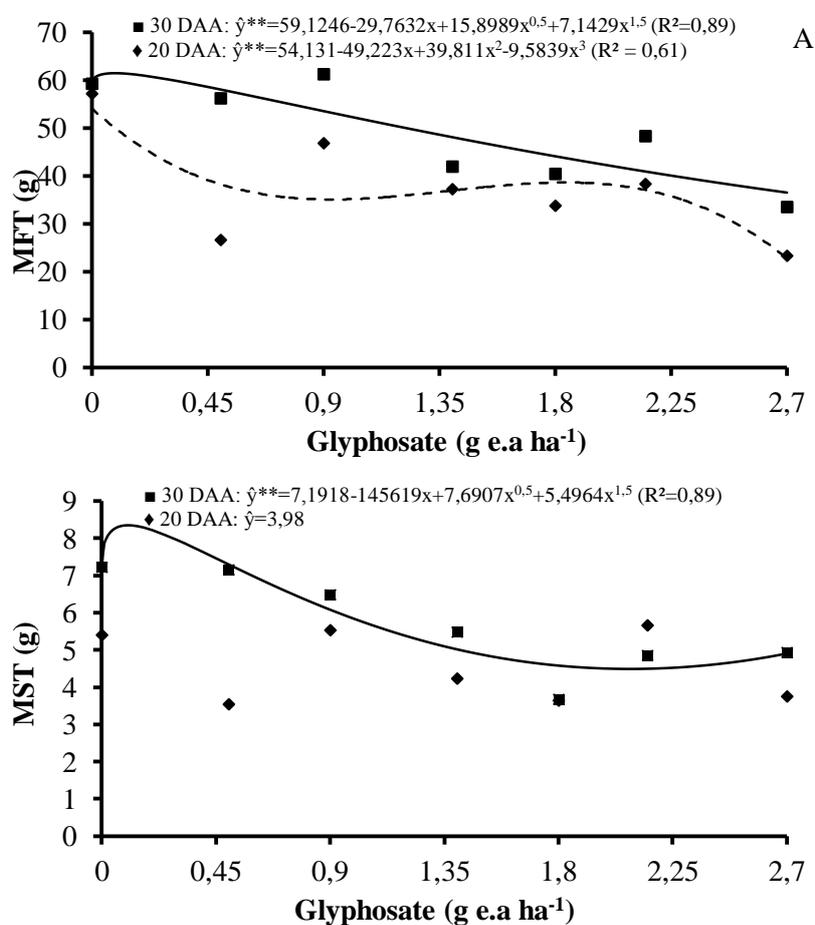


Figura 3.3 - Massa fresca total (MFT), A, e massa seca total (MST), B, em plantas de folhas de *Commelina benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Para a variável altura de planta, delinearam-se modelos de polinomiais de terceira ordem para as avaliações realizadas, aos 20 e 30 DAA (Figura 3.4). Aos 20 DAA, verificou-se amplitude de variação na altura (máxima de 17,18 cm na dose de 0,00 g e.a. ha⁻¹ e mínima de 14,25 cm na dose de 0,70 g e.a. ha⁻¹) inferior à verificada aos 30 DAA (máxima de 21,92 cm na dose de 0,00 g e.a. ha⁻¹ e mínima de 14,66 cm na dose de 0,70 g e.a. ha⁻¹). As tendências observadas para as datas de avaliação são semelhantes, com amplitudes que se alteram em função do dano causado pela aplicação do glyphosate. Deste modo, foram verificadas maiores alturas

aos 30 DAA. Os diferentes comportamentos entre datas foram reduzidos à medida que a dose do herbicida é aumentada, logo, na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹, as alturas dos 20 e 30 DAA praticamente equivalem-se (Figura 3.4).

Randon Neto e outros (2010) observaram aumento na altura na ordem de até 24% em plantas de varjão. Silva e outros (2012b) observaram efeito semelhante em plantas de soja e milho em função da aplicação de subdoses de glyphosate para doses entre 1,6 e 3,6 g e.a. ha⁻¹. Cedergreen e Olesen (2010), ao descreverem o condicionamento do efeito hormético, ressaltaram a dependência deste às características do vegetal da espécie, sendo que Velini e outros (2008) citam que a trapoeraba é uma espécie propícia para ocorrência de hormese, devido sua plasticidade fenotípica.

Farias e outros (2012), estudando plantas de seringueira, relataram comportamento semelhante aos observados para trapoeraba, ao estudar subdoses de 0 a 24% da dose recomendada. Tuffi e outros (2007) observaram valores semelhantes para *Eucalipto urograndis*. Tais resultados, concordantes e discordantes, evidenciam que os princípios de hormese são conhecidos, mas a base de sustentação da teoria é frágil, uma vez que há variação muito grande de resultados em função de resultados e da espécie estudada.

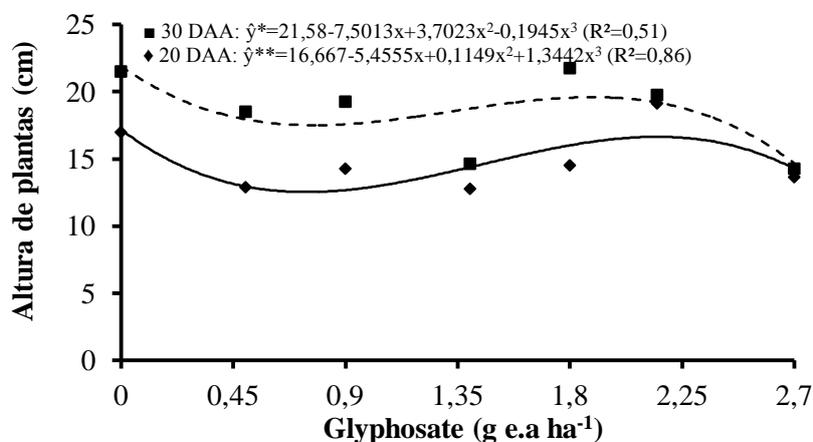


Figura 3.4 - Altura de plantas de *Commelina benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Aos 20 DAA, para o diâmetro do caule, não foi possível delinear um modelo que representasse o comportamento da tendência. Aos 30 DAA, foi delineado um modelo polinomial de terceira ordem cúbicos raiz (Figura 3.5). Verificou-se, para o modelo ajustado, que o ponto máximo ocorreu na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ (5,35 mm) e mínimo na dose de 1,25 g e.a. ha⁻¹ (4,25 mm), havendo um intervalo entre as doses de 0,55 a 1,95 g e.a. ha⁻¹ em que os valores são inferiores à testemunha.

Kappes e outros (2012) utilizam o diâmetro do caule como parâmetro para avaliar a suscetibilidade da cultura da soja a subdoses de glyphosate, esses não observaram efeito sobre a cultura. No entanto, Meschede e outros (2008), ao estudarem o efeito das baixas doses em trapoeraba, observaram efeito positivo para aplicação de doses de 0,0 a 25 g e.a. ha⁻¹, contrapondo os resultados obtidos, nos quais doses 11 vezes inferiores foram incapazes de promover o aumento no diâmetro do caule de plantas de *Commelina benghalensis*.

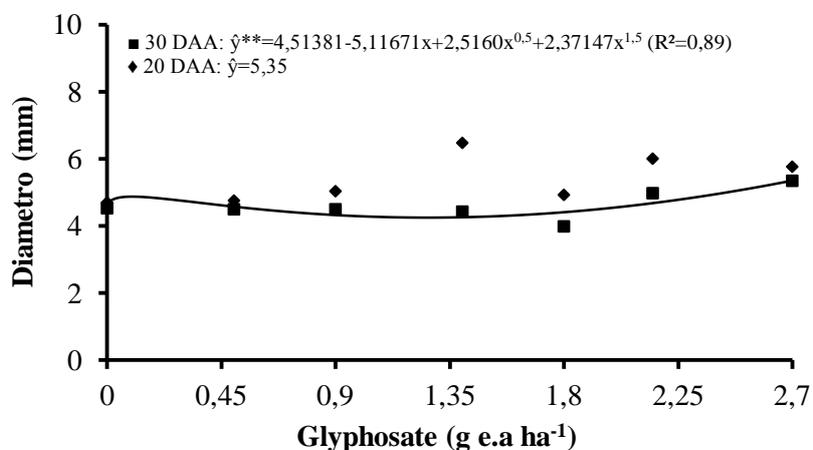


Figura 3.5 - Diâmetro de caule (mm) de plantas de *Commelina benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Ao estudar a área foliar, em *C. benghalensis*, delineou-se um modelo de terceira ordem cúbico raiz para a avaliação dos 30 DAA; para a avaliação aos 20 DAA, não foi possível ajustar uma tendência significativa (Figura 3.6). No modelo definido, os valores observados são sempre inferiores à testemunha, com amplitude de 185,95 cm² (máxima de 321,02 cm² na dose de 0,00 g e.a. ha⁻¹ e mínima de 135,07 cm² na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹).

A área foliar foi reduzida significativamente pela aplicação de subdoses de glyphosate, resultado semelhante aos observado por Carvalho (2011), ao estudar plantas de café, observou redução significativa para a área foliar, no entanto, para doses muito superiores às utilizadas. Efeito divergente ao observado foi descrito por Meschede e outros (2008) para *C. benghalensis*, utilizando doses até 25 g e.a. ha⁻¹ e observando aumento na área foliar.

Melhorança Filho e outros (2011) observaram que a aplicação de subdoses de glyphosate afetou negativamente a área foliar para soja convencional e transgênica. Carvalho (2011) observou tendência decrescente para número de folhas e área foliar na cultura do café à medida que se aumentou a dose de glyphosate.

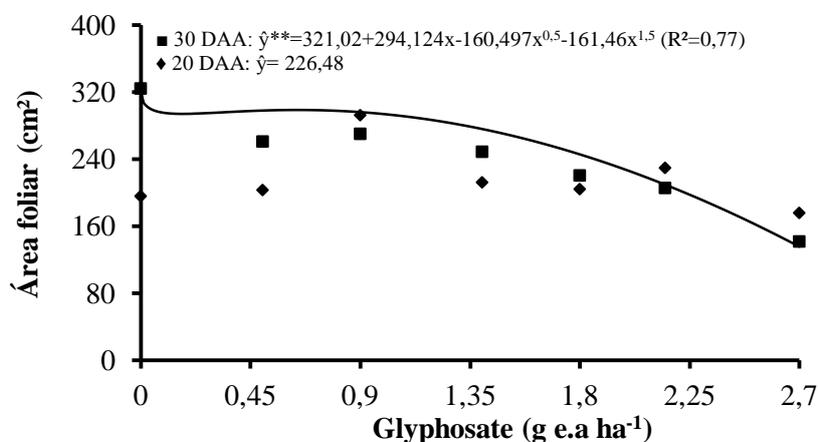


Figura 3.6 - Área foliar de plantas de *Commelina benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Ao estudar o número de perfilhos em *C. benghalensis*, delineou-se um modelo de terceira ordem cúbico raiz para a avaliação dos 30 DAA; para a avaliação aos 20 DAA, não foi possível ajustar uma tendência significativa (Figura 3.7). No modelo definido, a amplitude foi de 5,38 (máximo de 13,46 na dose de 1,65 g e.a. ha⁻¹ e mínimo de 8,08 na dose de 0,15g e.a. ha⁻¹). Os resultados verificados caracterizam uma tendência com queda acentuada em seus valores para as doses entre a testemunha e o ponto mínimo, e com posterior ascendência até o ponto de máxima. Retratando o estímulo das subdoses para essa variável aos 30 DAA (Figura 3.7).

Dias e outros (2013) afirmam que aumento no número de perfilhos é uma estratégia de sobrevivência da planta para aumentar as formas de desintoxicação. Tuffi e outros (2005) obtiveram resultados semelhantes aos observados para *Brachiaria*.

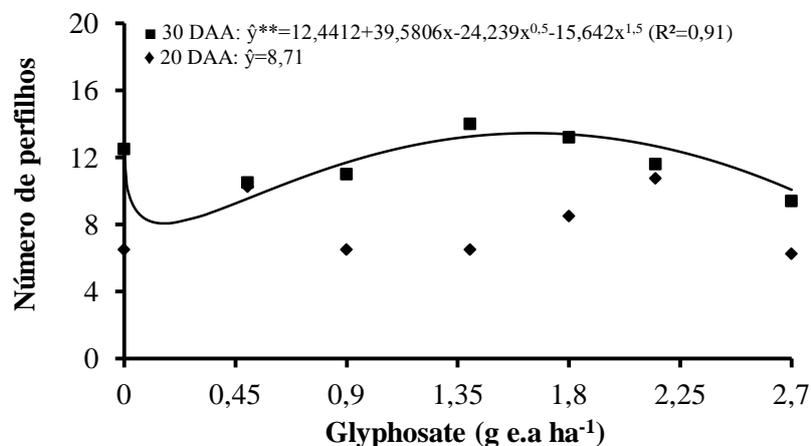


Figura 3.7 - Número de perfilhos em plantas de *Commelina benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Os resultados obtidos, apesar de serem contrários à literatura citada, têm um cunho muito importante, no tocante a contribuição para uma agricultura mais sustentável. Pereira e outros (2010) relatam que a utilização de doses elevadas de herbicidas é profundamente discutida atualmente, dados os prováveis detrimientos originados ao agroecossistema, através da elevação da pressão de seleção sobre biotipos resistentes a herbicidas.

Segundo Dias e outros (2013), as doses recomendadas de determinados herbicidas podem ser diminuídas sem diminuição do controle das plantas daninhas e no rendimento da cultura, mantendo o controle de plantas daninhas eficaz, ecologicamente mais correto e economicamente viável.

Deste modo, a aplicação racional de glyphosate perpassa aplicação de doses ajustadas aos diferentes estádios fenológicos das plantas daninhas, tais ajustes exigem ferramentas adequadas, como os modelos matemáticos, sendo o mais comum e eficaz o que analisa curvas de dose-resposta para determinar a suscetibilidade ou resistência de plantas daninhas aos herbicidas (CHRISTOFFOLETI, 2002; CHRISTOFFOLETI e LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

3.2 Morfologia da *Bidens pilosa*

As variáveis massa fresca do caule (MFC), massa fresca da folha (MFF), área foliar (AF), altura de plantas (ALT), massa seca do caule (MSC), massa seca da folha (MSF), massa seca total (MST), extensão foliar (EXTF) e massa fresca total (MFT) foram influenciadas pela aplicação de glyphosate. As variáveis massa fresca da raiz (MFR), número de folhas secas (NSF), massa seca de raiz (MSR), diâmetro do caule (DIAM) número de folhas não apresentaram diferenças estatísticas entre si. No entanto, para a avaliação aos 30 DAA, somente para a característica número de folhas (NF) não foi verificado efeito positivo das subdoses de glyphosate (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Massa fresca do caule (MFC), massa fresca da folha (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca do caule (MSC), massa seca da folha (MSF), massa seca da raiz (MSR) em plantas de *C. benghalensis*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Avaliação 20 DAA							
FV	Gl	MFC	MFF	MFR	MFT	AF	ALT
Dose	6	10,744 *	7,433 *	9,329 ns	61,805 **	16472,19 *	433,897 *
Bloco	3	2,988 ns	2,102 ns	7,622 ns	22,650 ns	2315,09 ns	182,567 **
Resíduo	18	1,349	1,751	4,520	11,683	2235,19	50,538
CV (%)		51,051	37,019	63,479	37,156	38,64	35,743
Avaliação 30 DAA							
Dose	6	1,9858 **	11,5293 **	4,064 **	43,905 **	17100,03 **	13,967 **
Bloco	3	0,0360 ns	0,1259 ns	0,873 ns	0,314 ns	17,13 ns	1,652 ns
Resíduo	18	0,0239	0,2087	0,299	0,519	38,69	0,971
CV (%)		43,260	32,410	29,660	31,560	35,960	38,450
Avaliação 20 DAA							
FV	Gl	MSC	MSF	MSR	MST	DIA	NF
Dose	6	0,723 *	0,294 *	0,7856 ns	2,989 *	4,681 ns	87,643 ns
Bloco	3	0,268 ns	0,139 ns	0,3849 ns	0,909 ns	9,857 ns	202,381 ns
Resíduo	18	0,114	0,589	0,3748	0,625	4,349	129,103
CV (%)		58,190	34,675	872,86	39,869	64,718	37,167
Avaliação 30 DAA							
Dose	6	0,04259 **	0,330 **	0,05704 *	0,8613 **	0,3424 ns	5,561 *
Bloco	3	0,00022 ns	0,002 ns	0,0259 ns	0,0428 ns	0,8534 ns	0,861 ns
Resíduo	18	0,00050	0,007	0,01624	0,0215	0,2435	1,602
CV (%)		48,321	32,578	29,569	21,587	27,5630	32,542

** - significativo a 1% ($p > 0,01$), * - significativo a 5% ($p > 0,05$) e ns - não significativo pelo teste F da análise de variância.

Para a MFC e a MSC, nas duas avaliações, realizadas aos 20 e 30 DAA, foram delineados modelos polinomiais de terceira ordem cúbico para a primeira data, e cúbica raiz para a segunda data, para as relações MFC, MSC e as subdoses de glyphosate aplicadas. Apesar da igualdade entre modelos, a amplitude de variação de MFC aos 30 DAA (menor massa de 0,5 g e maior massa de 5,18 g) foi superior, quando 859 comparado com os 20 DAA (menor massa de 0,41 g e maior massa de 1,94 g), variação semelhante foi verificada para MSC, aos 30 DAA (menor massa de 0,18 g e maior massa de 1,38 g), que foi superior, quando comparado com os 20 DAA (menor massa de 0,075 g e maior massa de 0,228 g) (Figura 3.8A e D). Para massa do caule as tendências delineadas possuem curvatura semelhante. As alterações da amplitude de escala ocorreram devido ao conteúdo de água existente no tecido, que é proporcional à massa fixada, ou seja, para cada 1 g de MFC é acumulado 0,250 miligramas de MSC.

Os resultados obtidos não corroboram Carbonari e outros (2007) e Silva e outros (2012b) que, ao estudarem diversas espécies, observaram indução de hormese a partir do uso do glyphosate entre doses que passam de 0,90 a 3,6 g e.a. ha⁻¹, sendo o benefício apresentado condicionado à dose e à espécie vegetal. Para picão-preto, não foi observado nenhum relato com estudos de hormese, porém, de acordo com López-Overejo e outros (2006) essa espécie possui sistema de controle diferente de outras, a partir do uso de herbicidas, em função da alteração metabólica.

Foram delineados para a MFF e MSF modelos polinomiais de terceira ordem, aos 20 DAA, e para avaliação aos 30 DAA, foram ajustados modelos polinomiais de segunda ordem (Figura 3.8B e E). Para MFF, aos 30 DAA, verificou-se o ponto máximo na dose de 0,10 g e.a. ha⁻¹ (5,55 g) e mínimo na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ (2,27 g), amplitude menor que a observada aos 20 DAA, máxima na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹ (5,43 g) e mínimo na dose de 2,42 g e.a. ha⁻¹ (1,25 g). As folhas de *B. pilosa* foram extremamente sensíveis à aplicação de glyphosate, aos 20 DAA; e aos 30 DAA, o processo de desintoxicação manifesta melhor acúmulo de massa nas

doses inferiores a 0,54 g e.a. ha⁻¹ (Figura 3.8B). No entanto, para MSF, aos 30 DAA, o ponto máximo foi verificado na dose de 0,15 g e.a. ha⁻¹ (1,20 g) e mínimo na dose de 2,70 g e.a. ha⁻¹ (0,41 g), amplitude maior que a observada aos 20 DAA, máxima na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹ (0,83 g) e mínimo na dose de 2,42 g e.a. ha⁻¹ (0,32 g), acompanhando as tendências da MFF (Figura 3.8E).

A partir da análise das características avaliadas foi constatado efeito fitotóxico do glyphosate. Melhorança Filho e outros (2011) observaram que a fitotoxicidade de baixas doses de glyphosate aplicadas em diferentes partes da planta, verificando que os tecidos mais injuriados são caules e folhas, com sintomas mais evidentes na primeira quinzena após a aplicação.

Para a MFR e MSR, não foi verificado efeito da aplicação de subdoses de glyphosate (Figuras 3.8C e F). Esse comportamento não está de acordo aos resultados obtidos por Velini e outros (2008), em trapoeraba, eucalipto, soja e milho, e os encontrados por Silva e outros (2009), com trapoeraba e cana-de-açúcar, nos quais as dose mais adequadas para a obtenção do efeito hormético estão entre 1,8 a 7,2 g e.a. ha⁻¹.

Para o presente estudo, as subdoses de glyphosate promoveram efeito deletério, atuando como herbicida. Gazziero e Prete (2004) explicam que, por agir na inibição da enzima EPSPS, responsável por cerca de 30% da produção de massa das plantas, o glyphosate propicia aumento de chiquimato nos vacúolos e perda no controle da retroalimentação e acúmulo de carbono.

Mesmo sendo de amplo conhecimento que aplicação de subdoses de glyphosate aumenta a massa em diversas espécies, a hormese é um efeito dose-resposta, estreitamente dependente da característica fenotípica individual de cada organismo.

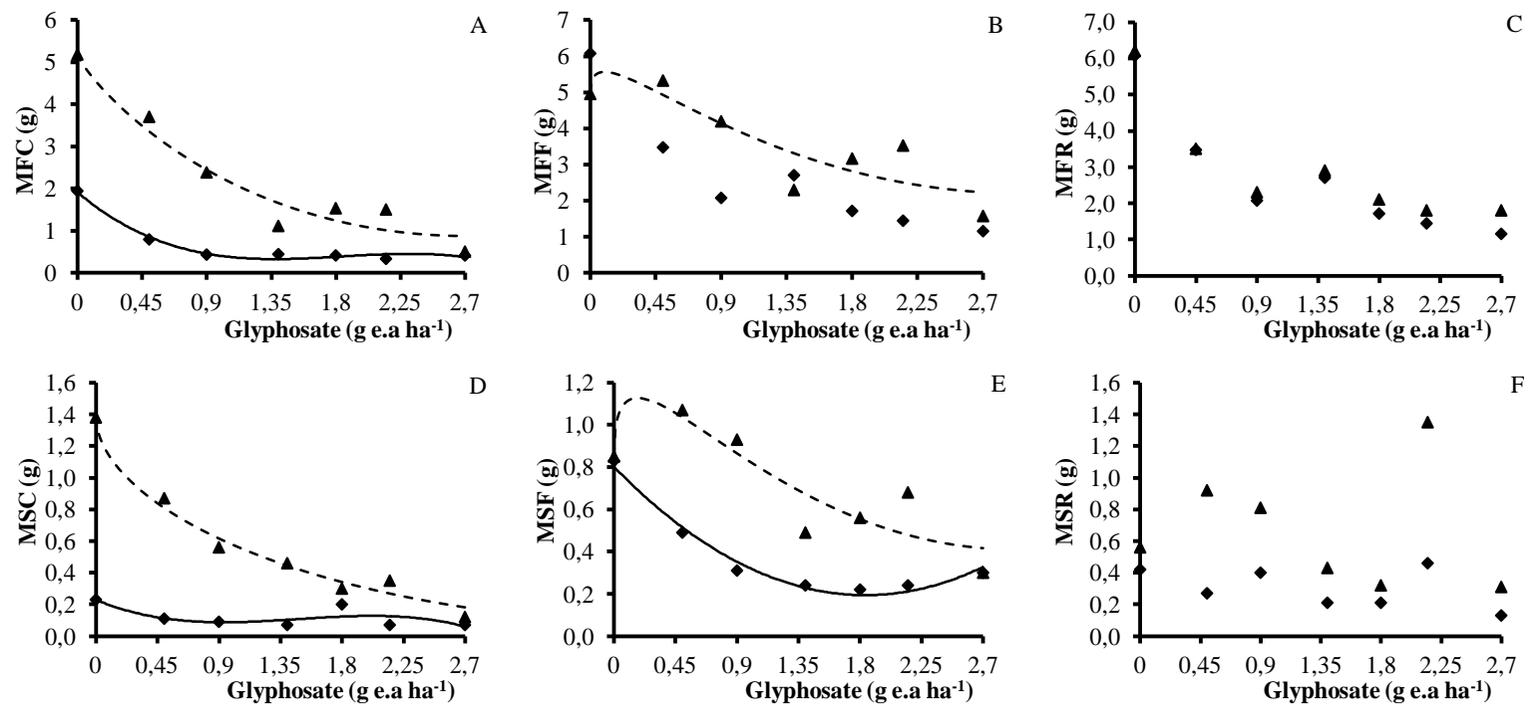


Figura 2.8 - Massa fresca do caule (MFC), A, massa fresca da folha (MFF), massa fresca da raiz (MFR), C, massa seca do caule (MSC), D, massa seca da folha (MSF), E, massa seca da raiz (MSR) em plantas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

As informações sobre os modelos definidos para a massa fresca do caule (MFC), folha (MFF) e raiz (MFR) e massa seca do caule (MSC), folha (MFF) e raiz (MSR), aos 20 e 30 dias após a aplicação de glyphosate, foram descritos na tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Modelos de regressão para massa fresca do caule (MFC), folha (MFF) e raiz (MFR) e massa seca do caule (MSC), folha (MFF) e raiz (MSR) aos 20 e 30 dias após a aplicação de glyphosate.

Variável	DAA	Equação	R ²
MFC	20	$\hat{y}=0,68$	0,96
	30	$\hat{y}^{**}=5,20965-3,98822x-0,655665x^{0,5}+1,69201x^{1,5}$	
MFF	20	$\hat{y}=2,39$	0,86
	30	$\hat{y}^{**}=4,99218-7,23244x+3,83364x^{0,5}+2,36031x^{1,5}$	
MFR	20	$\hat{y}=1,98$	
	30	$\hat{y}=3,35$	
MSC	20	$\hat{y}^{**}=0,2284-0,3572x+0,2797x^2-0,0631x^3$	0,62
	30	$\hat{y}^{**}=1,38888-0,134172x-0,775193x^{0,5}+0,09621x^{1,5}$	0,86
MSF	20	$\hat{y}^{**}=0,8009-0,6602x+0,1795x^2$	0,76
	30	$\hat{y}^{**}=0,854956-2,10228x+1,41335x^{0,5}+0,657083x^{1,5}$	0,87
MSR	20	$\hat{y}=0,30$	
	30	$\hat{y}=0,70$	

** - significativo a 1% ($p>0,01$), * - significativo a 5% ($p>0,05$) e ns - não significativo pela análise de variância da regressão.

Para a MFT e a MST, na avaliação realizada aos 20 DAA, foram delineados modelos polinomiais de terceira ordem, e aos 30 DAA, modelos polinomiais de terceira ordem cúbico raiz. Apesar da igualdade entre modelos, a amplitude de variação de MFT, aos 30 DAA (menor massa de 14,36 g e maior massa de 5,32 g), foi inferior à observada aos 20 DAA (menor massa de 11,82 g e maior massa de 1,86 g), variação semelhante foi verificada para MST, aos 30 DAA, (menor massa de 3,50 g e maior massa de 1,24 g), que foi superior, quando comparado com os 20 DAA (menor massa de 1,71 g e maior massa de 0,42 g) (Figura 3.9A e B). Para as massas totais as tendências e as amplitudes expressam mesmo comportamentos.

Em relação ao efeito de hormese, verificou-se que não houve estímulo suficiente para promoção do acúmulo de massa em *B. pilosa*, fato

que expressa que as doses capazes de promover o crescimento vegetal situam-se abaixo das doses estudadas. No entanto, Meschede, Velini e Carbonari (2008) descreveram que valores morfológicos relacionados ao estiolamento, como comprimento de caule e das nervuras foliares, são mais afetados que as massas.

Silva e outros (2009), ao estudarem o efeito de subdoses de glyphosate em plantas de cana-de-açúcar, observaram que em doses a partir de 3,60 g e.a. ha⁻¹ ocorre uma diminuição na massa fresca, enquanto que o decréscimo para a massa seca ocorre para doses a partir de 3,60 g e.a. ha⁻¹.

Melhorança Filho e outros (2011) relatam que subdoses de glyphosate afetam negativamente o acúmulo de massa em plantas de soja convencional. No entanto, Carbonari e outros (2007) relatam aumento na biomassa em função da aplicação de glyphosate. Godoy (2007) verificou tal efeito de aumento na biomassa de soja convencional em doses entre 0,00 a 3,60 3,60 g e.a. ha⁻¹, contrapondo os resultados encontrados.

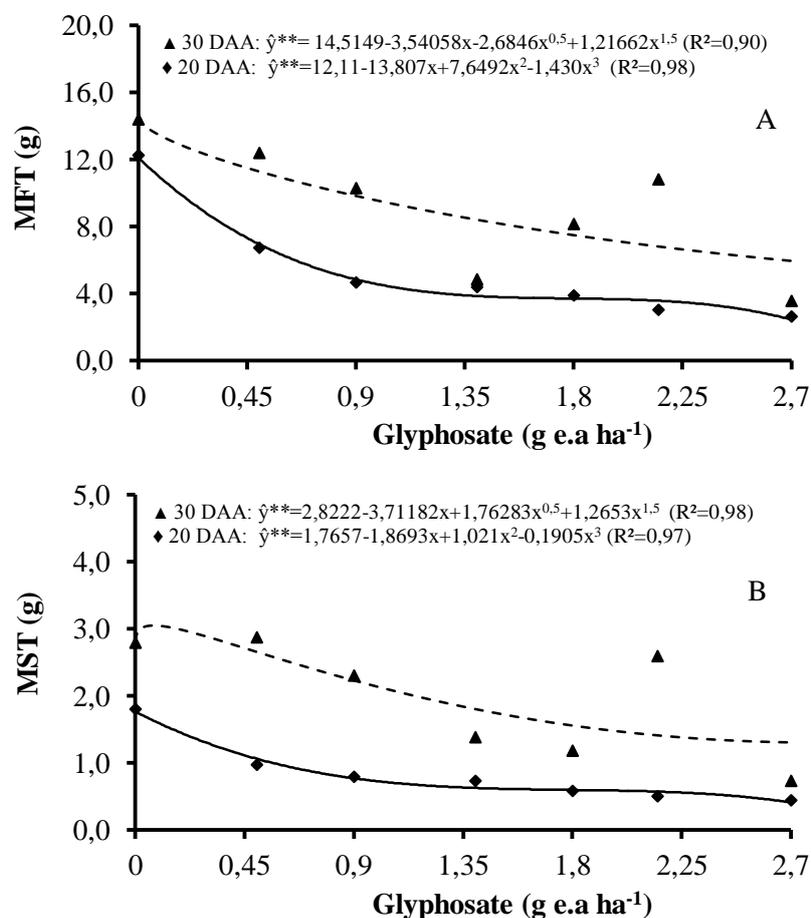


Figura 3.9 - Massa fresca total (MFT), A; e massa seca total (MST), B, em plantas de folhas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Para a variável altura de planta, delineou-se um modelo de tendência linear na avaliação dos 20 DAA e um modelo de terceira ordem para a avaliação dos 30 DAA. Aos 20 DAA, a amplitude de variação (máxima de 9,6 cm e mínima de 4,4 cm, nas doses extremas, 0,00 e 2,70 g e.a. ha⁻¹, respectivamente) foi inferior à verificada aos 30 DAA (máxima de 34,6 cm e mínima de 5,5 cm nas doses extremas, 0,00 e 2,70 g e.a. ha⁻¹, respectivamente), ou seja, não houve efeito hormético para altura de plantas e, à medida que a dose de glyphosate foi aumentada, os valores observados diminuiram (Figura 3.10).

A aplicação de subdoses de glyphosate não corrobora os resultados encontrados por Randon Neto e outros (2010), os quais observaram um aumento em subdoses até 24% da dose letal recomendada (720 g e.a. ha⁻¹) em plantas de varjão. Silva e outros (2012b) observaram maior altura de plantas de soja e milho em função da aplicação entre 1,6 e 3,6 g e.a. ha⁻¹, enquanto que para *B. pilosa* não houve incremento em altura. Cedergreen e Olesen (2010) e Velini e outros (2008) descrevem que a ocorrência do efeito hormético é dependente principalmente das características do vegetal.

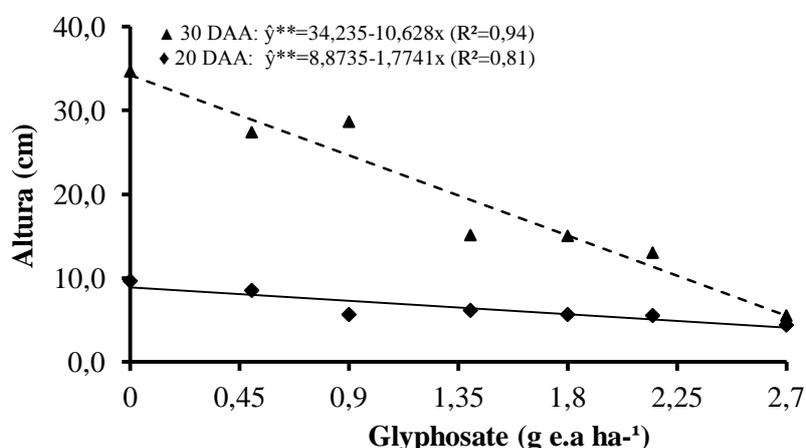


Figura 3.10 - Altura (cm) de plantas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Ao estudar a variável área foliar, em *B. pilosa*, delineou-se um modelo de terceira ordem na avaliação dos 20 DAA e um modelo de terceira ordem cúbico raiz para a avaliação dos 30 DAA. Aos 20 DAA, a amplitude de variação (máxima de 215,8 cm² e mínima de 33,7 cm², nas doses extremas, 0,00 e 2,70 g e.a. ha⁻¹, respectivamente) foi inferior à verificada aos 30 DAA (máxima de 227,8 cm² e mínima de 62,5 cm² nas doses de 0,08 e 2,70 g e.a. ha⁻¹, respectivamente), ou seja, não houve efeito hormético para área foliar, aos 20 DAA, pois à medida que se elevou a dose de glyphosate, os valores observados diminuíram. Para os 30 DAA, é verificado o aumento

singelo na área foliar entra as doses 0,00 e a 0,10 g e.a. ha⁻¹, a partir desse ponto, as medidas decrescem e passam a ser menores que a testemunha, denotando que as possíveis doses, capazes de influenciar no incremento de área foliar para *B. pilosa* estão abaixo de 0,10 g e.a. ha⁻¹ (Figura 3.11).

Carvalho (2011), ao estudar o efeito do glyphosate sobre plantas de café, observou redução significativa para a área foliar em doses a partir de 488 g e.a. ha⁻¹, 45 dias após transplante, e quando aplicado o herbicida, 10 dias após o transplante, a redução da área foliar ocorreu para todas as doses. Isso retrata a sensibilidade das plantas no período de aclimação.

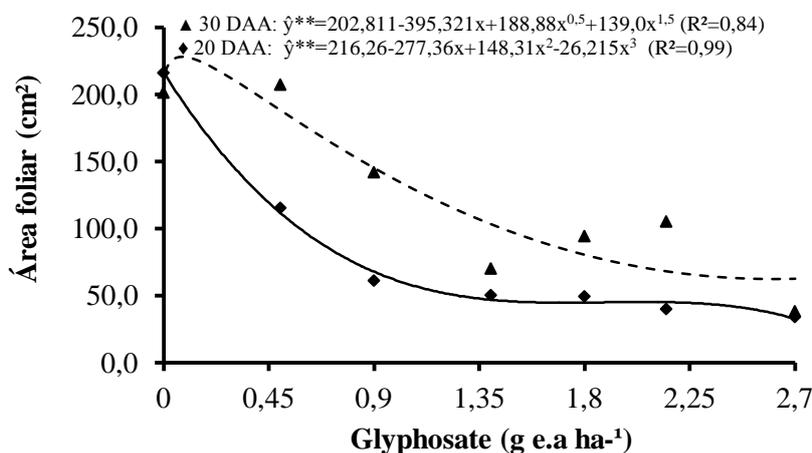


Figura 3.11 - Área foliar (cm²) em plantas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Como forma de estudar as variações verificadas para a variável extensão foliar, foi delineado um modelo polinomial de segunda ordem na avaliação dos 20 DAA e um modelo de terceira ordem para a avaliação dos 30 DAA. Aos 20 DAA, a amplitude de variação (máxima de 6,2 cm e mínima de 2,72 cm, nas doses extremas, 0,00 e 2,70 g e.a. ha⁻¹, respectivamente) foi inferior à verificada aos 30 DAA (máxima de 7,32 cm e mínima de 3,7 cm nas doses extremas, 0,00 e 2,70 g e.a. ha⁻¹, respectivamente). As tendências possuem pontos críticos nas doses de 0,30 e

1,44 g e.a. ha⁻¹, o primeiro é marcado pela diminuição na tendência da avaliação dos 30 DAA, e o segundo ponto de intersecção marcado pela retomada dos valores nesta avaliação. Não foi verificado nas tendências pontos de elevação da extensão foliar em relação à testemunha para *B. pilosa* (Figura 3.12), não havendo incremento para essa característica diante da aplicação de subdoses de glyphosate, à medida que essas foram aumentadas.

Os resultados obtidos não corroboram os encontrados por Meschede e outros (2008), quando estudaram trapoeraba, os quais observaram que doses entre 2,00 a 26,00 g e.a. ha⁻¹ aumentaram a extensão foliar.

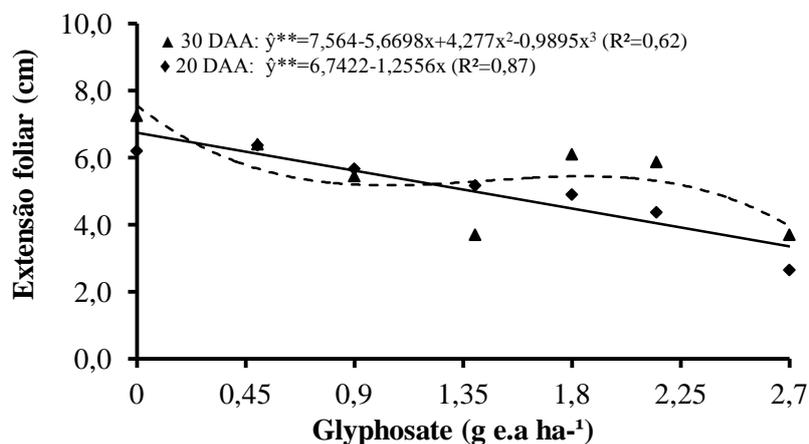


Figura 3.12 - Extensão foliar (cm) em plantas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Ao estudar a variável número de folhas, em *B. pilosa*, foi delineado um modelo de terceira ordem na avaliação dos 20 DAA e um modelo de terceira ordem cúbico raiz para a avaliação dos 30 DAA. Aos 20 DAA, a amplitude de variação (máxima de 9,66 e mínima de 6,40 folhas, nas doses extremas, 0,00 e 2,70 g e.a. ha⁻¹, respectivamente) foi inferior à verificada aos 30 DAA (máxima de 34,9 e mínima de 22,68 folhas nas doses de 1,25 e 2,70 g e.a. ha⁻¹, respectivamente), ou seja, a aplicação de subdoses de glyphosate influenciou negativamente o número de folhas de *B. pilosa*,

enquanto que, aos 30 DAA, a hormese é evidente no aumento do número de folhas entre as doses de 0,34 a 2,14 g e.a. ha⁻¹ (Figura 3.13).

Ao estudar o efeito do glyphosate sobre plantas de café, Carvalho (2011) observou redução significativa no número de folhas em doses a partir de 488 g e.a. ha⁻¹, 45 dias após transplante, e quando aplicado o herbicida, 10 dias após o transplante, a redução da área foliar ocorreu para todas das doses. Isso retrata a sensibilidade das plantas no período de aclimação. Silva e outros (2009) observaram que a redução no número de folhas inicia-se em doses a partir de 3,60 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate, aos 25 DAA, divergindo dos valores observados.

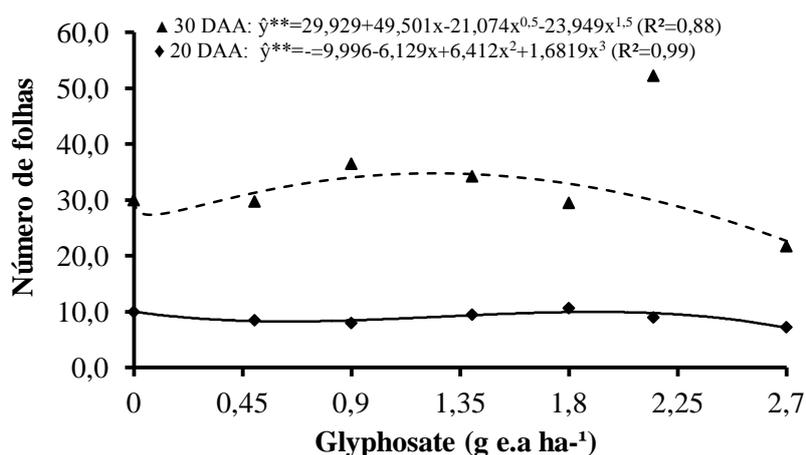


Figura 3.13 - Números de folhas em plantas de *Bidens pilosa*, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) de subdoses de glyphosate.

Estudos de baixas doses, como forma de aumentar a biomassa em *B. pilosa*, não foram encontrados, estudos sobre mecanismos de resistência a herbicidas inibidores da enzima ALS são amplamente relatados para essa planta daninha, trabalhos que visam definir como o picão-preto estabelece a competição com as culturas e sobre a sua capacidade adaptativa às condições de estresses.

4 CONCLUSÃO

Não foi observado estímulo ao crescimento e ao acúmulo de massa para *Bidens pilosa* e *Commelina benghalensis*;

Para a elucidação dos mecanismos de ação das subdoses de glyphosate relativos ao aumento de biomassa para *Bidens pilosa* é necessário que novos estudos sejam focalizados para o ajuste de doses indutoras de hormese.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, S. B. *et al.* Particle induced X-ray emission and ion dose distribution in a biological microbeam: Geant 4 Monte Carlo stimulations. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research**, [S.l.], v. 295, p. 30-37, 2013.
- ALFONSI, E. L. *et al.* Crescimento, fotossíntese e composição mineral em genótipos de Coffea com potencial para utilização como porta-enxerto. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.1-13, 2005.
- ASPIAZÚ, I. *et al.* Eficiência fotosintética y de uso del agua por malezas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.1, p.87-92, 2010.
- ASPIAZÚ, I. **Interferência de plantas daninhas em características fisiológicas e produtivas de plantas de mandioca**. 2009. 34p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa.
- BASTIANI, M. L. R. *et al.* Influência de chuva simulada após aplicação de herbicidas em pós-emergência, sobre o controle de plantas daninhas, em solo com dois níveis de umidade. **Planta Daninha**, Viçosa, v.18, n.1, p.57, 2000.
- BELZ, R. G.; CEDERGEEN, N.; DUKE, S. O. Herbicide hormesis – can it be useful in crop production? **Weed Research**, Weinheim, v.51, p.321–332, 2010.
- BRICHEUX, G. E. *et al.* Characterization and evolution of natural aquatic biofilm communities exposed in vitro to herbicide. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Albany, v.88, p.126-134, 2013.
- CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Applications of hormesis in toxicology, risk assessment and chemotherapeutics. **Trends in Pharmacological Sciences**, Bruxelas, v. 23, n. 7, p. 91-97, 2002.
- CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Hormesis: the dose-response revolution. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology**, Palo Alto, v.43, p.175–197, 2003.
- CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.9, n.2, p.117-123, 1997.

CARBONARI, C. A. *et al.* Acúmulo de fósforo em plantas de eucalipto de diferentes doses de glyphosate. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, v.1. 342p. p. 76-78, 2007.

CARRETERO, D. M. **Efeitos da inibição da protoporfirinogênio IX oxidase sobre as trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill).** 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Programa de Pós Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARVALHO, F. P. *et al.* Photosynthetic activity of coffee after application of glyphosate subdoses. **Acta Scientiarum Agronomy.** Maringá, v.35, n.1, p.109-115, 2013.

CARVALHO, L. B. **Interferência de *Digitaria insulares* em *Coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate.** 2011. 119p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Faculdade de Ciências Agrárias e

CEDERGREEN, N. *et al.* The occurrence of hormesis in plants and algae. Formerly Nonlinearity in Biology, Toxicology, and Medicine. International Hormesis Society. **Dose-Response**, Palo Alto, v. 5, p. 150–162, 2007.

CEDERGREEN, N. Herbicides can stimulate plant growth. **Weed Research**, Weinheim, v.48, p.429–438, 2008.

CEDERGREEN, N.; OLESEN, C. F. Can glyphosate stimulate photosynthesis? **Pest Biochemistry and Physiology.** Michigan, v. 96, n.3, p.140-148, 2010.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.3, p.513-519, 2002.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas.** 3.ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas, 2008. p. 9-29.

COCHARD, H. *et al.* Unraveling the effects of plant hydraulics on stomatal closure during water stress in walnut. **Plant Physiology**, Palo Alto, v. 128, p. 282-290, 2002.

CORNIANI, N. *et al.* Determinação das trocas gasosas e de potencial hídrico através do uso de sistemas portáteis na avaliação do estresse. In: SIMPÓSIO

INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 14, 2006, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: USP, 2006. CD ROM.

CURI, P. R. **Relações entre evaporação média pelo tanque IA-58 e evapotranspiração calculada pelas equações de Thornthwaite e Camargo, para o município de Botucatu.** 1972. 88 f. Tese (Doutorado em Ciências Médicas), Programa de Pós Graduação em Ciências Médicas. Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

DIAS, A. C. R; CARVALHO, S. J. P; CHRISTOFFOLETI, P. J. Fenologia da trapoeraba como indicador para tolerância ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.31, n.1, p. 185-191, 2013.

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

DUKE, S. O. *et al.* Herbicide effects on plant disease. **Outlooks Pest Management**, Saffron Walden, v. 2, n. 18, p. 36–40, 2007.

EDGE, C. B. *et al.* Laboratory and field exposure of two species of juvenile amphibians to a glyphosate-based herbicide and *Batrachochytrium dendrobatidis*. **Science of the Total Environment**. New York, v. 444, p. 145-152, 2013.

ESTEVEES, B. S.; SUZUKU, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.12, n.4, p.662-679, 2008. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

FARIAS, C. C. M. *et al.* Efeitos de subdoses de glyphosate em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Aubl.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 119-125, 2012.

FLEXAS, J. *et al.* Mesophyll conductance to CO₂: current knowledge and future prospects. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.31, n.5, p.602-621, 2008.

GAN, S. **Senescence processes in plants.** Annual Plant Reviews, Cornell University, Ithaca, New York, v. 26, 322 p., 2007.

GAZZIERO, d. L. P.; PRETE, C. E. C. Resistência é a questão. **Revista Cultivar**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 22-24, 2004.

GODOY, M. C. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção de fósforo pela soja**. 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

GRANDIS, A.; GODOI, S.; BUCKERIDGE, M. S. Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, v. 33, n.1, p.1-12, 2010.

GUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine, and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. (Ed.). **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. Marcel Dekker, New York, v.1, p.357-384, 1999.

HALTER, S. História do herbicida agrícola phyphosate. In: VELLINI, E. D. *et al.* **Glyphosate**. Botucatu: Fepaf, p.11-16, 2009.

HUANG, J. *et al.* Effects of glyphosate on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and physicochemical properties of cogongass (*Imperata cylindrical* L.). **Plant Omics Journal**, Australia, v.5, n.2, p.177-183, 2012.

INOUE, M. T. Estudo comparativo da fotossíntese, transpiração e resistência difusiva em clones jovens de *Populus nigra* e *P. trichocarpa* em relação a radiação solar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.1, n.1, p.25-29, 1989.

KAPPES, C. *et al.* Resposta da crotalária à épocas e subdoses de aplicação de glifosato. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 373-383, 2012.

LAWLOR, D.W.; CORNIC, G. photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.25, p 275-294, 2002.

LEMOS, J. P. **Eficiência de roçadas no controle de *Bidens pilosa* e *Commelina benghalensis* em competição com a cultura do milho**. 2011, 80p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Programa de Pós Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa.

LEMOS, J. P. *et al.* Morfofisiologia de plantas de milho em competição com picão-preto e trapoeraba submetidas a roçada. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 487-496, 2012.

LÓPEZ-OVEREJO, R. F. *et al.* Resistance and differential susceptibility of *Bidens pilosa* and *B. subalternans* biotypes to ALS-inhibiting herbicides. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 2, p. 139-145, 2006.

- MACHADO, A. F. L. *et al.* . Absorção, translocação e exsudação radicular de glyphosate em clones de eucalipto. (in press). **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.3, p.549-554, 2009.
- MACHADO, A. F. L. *et al.* Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.2, p.319-327, 2010.
- MAGALHÃES, P. C. *et al.* Efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do sorgo. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.2, p.255-262, 2001.
- MELHORANÇA FILHO, A. L. *et al.* . Efeito de glyphosate sobre características produtivas em cultivares de soja transgênica e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.3, p.322-333, 2010.
- MELHORANÇA FILHO, A. L. *et al.* . Efeito de subdoses de glyphosate sobre a germinação de sementes das cultivares de soja RR e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.5, p.686-691, 2011.
- MESCHEDE, D. K. *et al.* Determinação do teor de lignina e celulose em amostras de *Brachiaria decumbens* submetidas á subdose de glyphosate. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, I., 2007, Botucatu,SP. **Anais... UNESP**, v.1, p.82-84, 2007.
- MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A. Baixas doses de glyphosate e seus efeitos no crescimento de *Commelina benghalensis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**. Maringá, v. 7, n. 2, p. 53-58, 2008.
- MONQUEIRO, P. A. *et al.* Absorção, translocação e metabolização do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a esse herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.
- OMETTO, J. P. H. B. *et al.* The stable carbon and nitrogen isotopic composition of vegetation in tropical forests of the Amazon Basin, Brazil. **Biogeochemistry**, Heidelberg, v.79, p.251-274, 2006.
- PEREIRA, M. R. R. *et al.* Efeito da deriva de glyphosate sobre algumas características fisiológicas em plantas de eucalipto. **Interciencia**, Caracas, v.35, n.4, p.279-283, 2010.
- PEREIRA, M. R. R. *et al.* Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 1047-1058, 2010. (Número Especial).

PEREIRA, M. R. R. *et al.* Respostas de plantas de *Eleusine indica* sob diferentes condições hídricas a herbicidas inibidores da ACCase. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, n.2, p.397-404, 2011.

PEREIRA, M. R. R. *et al.* Taxa transpiratória, resistência estomática e temperatura de folhas de plantas de eucalipto sob influência da deriva do glyphosate In: CONGRESSO DE PLANTAS DANINHAS, 26., 2008, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, 2008. CD ROM.

PÉREZ, G. L. *et al.* Effects of the herbicide roundup on freshwater microbial communities: a mesocosm study. **Ecology Applied**, Bethesda, v.17, p.2310–2322, 2007.

PIESANTI, S. R. *et al.* Fisiologia de plantas de arroz submetidas a aplicação de herbicidas. **Anais... XXVIII CBCPD**, Sociedade Brasileira de plantas daninhas, 3 a 6 de setembro de 2012, Campo Grande, MS/Área 2 - Fisiologia e metabolismo de herbicidas, CD Rom.

PROTO, K. S. S. *et al.* Efeito do glifosato nas características das trocas gasosas de plantas de *Pouteria torta* (Mart.) Radlk. **Anais... I Congresso de Pesquisa e Pós-graduação do Campus Rio Verde do IF Goiano**, Instituto Federal Goiano, 06 e 07 de novembro de 2012, p. 1-3.

RANDON NETO, R. M.; OLIVEIRA, K. M.; YAMASHITA, O. M. Deriva de subdoses de glyphosate em plantas jovens de Varjão (*Parkia multijuca* Benth.). **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 7-11, 2010.

RODRIGUES, J. V. Exudation of glyphosate from wheat (*Triticum aestivum*) plants and its effects on interplanted corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Athens, v.30, p. 316-320, 1982.

SILVA, A. F. *et al.* Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n., p.75-84, 2009.

SILVA, J. C. *et al.* Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.3, p.295-302, 2012a.

SILVA, J. C.; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; KURYIAMA, C. S.; RODRIGUES, R. A. F. Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 295-302, 2012a.

- SILVA, M. A. *et al.* Efeito hormótico de glyphosate no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.973-978, 2009b.
- SILVA, R. A. *et al.* Aplicação de subdoses de glyphosate na fase de estabelecimento da cultura da soja e do milho. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.15, p.140-149, 2012b.
- SILVA, R. G. P. O. *et al.* Efeito de subdoses de glifosato sobre germinação e desenvolvimento inicial do feijoeiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.14; p.445-485, 2012c.
- SOeS. **Bilan de présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux: periode 2007-2009**. Études and documents. Paris, v.54, 98p., 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. En Taiz y Zeiger 3ª ed. Artmed. Porto Alegre, Brasil. 2004, p. 449-484.
- TORRES, L. G. *et al.* Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012.
- TUFFI, S. L. D. *et al.* Exsudação radicular de glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, 2008.
- TUFFI, S. L. D. *et al.* Exsudação radicular do glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, 2005.
- VELINI, E. D. *et al.* Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, Oxford, v. 64, p.489–496, 2008.
- VIEIRA, E. I.; NASCIMENTO, E. J. do.; PAZ, J. G da. Levantamento ultradetalhado de solos do campus da UESB em Vitória da Conquista – BA. **Boletim Técnico do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos**, novembro 1998. 37p.
- WANG, J.; CUI, Q. Specific roles of micro RNAs in their interactions with environmental factors. **Journal of Nucleic Acids**. [S.l.], v. 11-20, v. 2012, Article ID 978384, 10 pages, doi.10.1155/2012/978384. Epub 2012.
- XING, X. *et al.* Low dose radiation activates Akt and Nrf2 in the kidney of DiabeticMice: a potencial mechanism to prevent diabetic nephropathy.

Oxidative Medicine and Cellular Longevity, [S.l.], v. 2, n. 12, p. 291087, Article ID: 978384, doi: 10.1155/2012/291087. Epub 2012.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glyphosate nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 119, p. 1-24, 2007.

YAN, K. *et al.* Responses of photosynthesis, lipid peroxidation and antioxidant system in leaves of *Quercus mongolica* to elevated O₃. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v.69, p. 198–204, 2010.

YANNICCARI, M. *et al.* Glyphosate resistance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) from Argentina. **Crop Protection**, Fayetteville, v.32, p. 12-16, 2012.

ZOBIOLE, L. H. S. *et al.* Glyphosate affects photosynthesis in first and second generation of glyphosate resistant soybeans. **Plant Soil**, New York, v.336, n.1-2, p.251-265, 2010a.

ZOBIOLE, L. H. S. *et al.* Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 195-205, 2011.

ZOBIOLE, L.H.S. *et al.* Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Amherst, v.97, n.1, p.182-193, 2010b.