

Efeito de doses de glyphosate em deriva simulada em plantas jovens de cacau

Arnaldo Solano Neto ^[1], Oscar Mitsuo Yamashita ^[2], Marco Antonio Camillo de Carvalho ^[3], Ricardo Adriano Felito ^[4], Adriano Maltezo da Rocha ^[5], Hudson de Oliveira Rabelo ^[6]

(1) netinho_solano@hotmail.com. Novo Mundo – MT (<https://orcid.org/0000-0003-0418-9499>). (2) yama@unemat.br. Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos – Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado – Campus de Alta Floresta – MT (<http://orcid.org/0000-0001-6715-626X>). [3] marcocarvalho@unemat.br. (<http://orcid.org/0000-0003-4966-1013>). [4] ricardofelito@hotmail.com. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Campus de Botucatu – SP (<http://orcid.org/0000-0002-8323-4720>). [5] admr.maltezo@hotmail.com. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Campus de Jaboticabal – SP (<http://orcid.org/0000-0002-0032-0034>). [6] hudsonorabelo@gmail.com. Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado – Campus de Alta Floresta – MT (<http://orcid.org/0000-0003-1196-6356>)

RESUMO

O cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) é uma planta perene, da qual são extraídas amêndoas que vão ser usadas para produção de chocolate. O cultivo desta planta, especialmente no período de implantação da lavoura, sofre a competição por plantas daninhas. Em geral, estas são controladas com herbicidas. Entretanto, estes produtos podem prejudicar, ou até matar a cultura. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de doses reduzidas, simulando deriva de glyphosate no desenvolvimento inicial de plantas de cacau. Foram testadas cinco subdoses do herbicida glyphosate: 0, 144, 288, 432 e 864 g e.a ha⁻¹ do ingrediente ativo. Foram feitas avaliações aos 7, 14, 21 e 28 dias para verificação da fitointoxicação das plantas. Ao final de 14 e 28 DAA, foram avaliados: altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento radicular, matéria seca. Feitas as análises, foram observados que os sintomas de fitointoxicação foram severos já na primeira dose do herbicida, afetando drasticamente o número de folhas das mudas de cacau. Sendo assim, nota-se que o cacauzeiro é uma espécie que apresenta grande sensibilidade à deriva do herbicida glyphosate e sua fitointoxicação ocorre já nas dosagens mínimas aplicadas.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*. Herbicida. Doses Reduzidas. Fitotoxicidade. Cacauzeiro

ABSTRACT

The cocoa tree (Theobroma cacao L.) is a perennial plant, from which almonds are extracted and used to make chocolate. The cultivation of this plant, especially during the planting period, suffers from competition for weeds. In general, these are controlled with herbicides. However, these products can harm or even kill the crop. The objective of the present work was to evaluate the effect of reduced doses, simulating glyphosate drift in the initial development of cocoa plants. Five sub-doses of the herbicide glyphosate were tested: 0, 144, 288, 432 and 864 g e.a ha⁻¹ of the active ingredient. Assessments were made at 7, 14, 21 and 28 days to verify the phytointoxication of the plants. At the end of 14 and 28 DAA, plant height, stem diameter, number of leaves, root length, and dry matter were evaluated. After the analysis, it was observed that the phytointoxication symptoms were severe in the first dose of the herbicide, drastically affecting the number of leaves of the cocoa seedlings. Thus, it is noted that cocoa is a species that has great sensitivity to the drift of the herbicide glyphosate, and its phytointoxication occurs at the minimum applied doses.

Keywords: *Theobroma cacao*. Herbicide. Reduced Rates. Phytotoxicity. Cocoa

1 Introdução

O cacauero (*Theobroma cacao* L.) é uma planta perene, tropical, da família das Esterculiáceas, nativa das Américas. Caracteriza-se por ser uma planta estimulante e é cultivada em altitudes que variam entre 0 e 1.000 m acima do nível do mar (GRAMACHO *et al.*, 1992).

Do fruto são extraídas as sementes que, após sofrer fermentação, transformam-se em amêndoas, das quais são produzidos o cacau em pó e a manteiga de cacau. Posteriormente em um novo processamento, obtém-se o chocolate, produto alimentício de alto valor energético. A partir da polpa são produzidos sucos, refrescos e geleias (SEBRAE, 2014).

É uma cultura que ajuda na fixação das famílias produtoras no campo, pois tem grande incentivo do governo para a sua produção, como o curso Jovem Empreendedor Rural, oferecido pelo MDA em parceria com a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC, 2015).

Segundo registros da FAO (2012), o Brasil ocupa apenas a 6ª posição na produção de cacau no mundo, com representatividade correspondente a 7,3%, de toda a produção mundial. Dentre os oito países que são os mais importantes no cultivo desse fruto estão Costa do Marfim, Indonésia, Gana, Nigéria, Camarões, Brasil, Equador e Togo, o que corresponde a 65% de toda a produção mundial. Pode se destacar que dos 65% produzidos pelas potências destacadas, 90% é produzido por países africanos, com destaque para Costa do Marfim (24%) e Gana (18%).

A produção de cacau no Brasil é realizada por pequenos, médios e grandes produtores nas regiões Amazônica, litorânea, Vale do Ribeira e áreas de mata atlântica, onde a espécie encontra condições ideais para o seu desenvolvimento. No Estado de Mato Grosso, o cultivo do cacau ocupa uma área de três mil hectares, com uma produtividade média de 450 quilos ha⁻¹, sendo importante fonte de renda para os agricultores, especialmente no norte do estado (SILVA NETO *et al.*, 2001).

A exploração dos recursos naturais como florestas e plantas nativas é uma prática antiga e que vem ocorrendo desde seus primórdios. Com o passar do tempo, o homem passou a cultivar essas espécies nativas para fins comerciais, tal como é o caso do cacauero (SILVA; HANSEN, 2016).

Dentre os problemas mais comuns para o cultivo dessas e de outras espécies, a competição com plantas daninhas pode provocar prejuízos significativos.

Uma das alternativas de controle dessas plantas é a aplicação de herbicidas que, quando em contato com as espécies de interesse agrônomo, podem provocar danos como o atraso do seu desenvolvimento e até mesmo a sua morte.

Os herbicidas pós-emergentes sistêmicos como o glyphosate têm sido largamente utilizados, pois, além de apresentarem um custo muito menor que as capinas manuais, são eficientes no controle, desde que aplicados em jato dirigido. Ao se escolher um determinado herbicida, é necessário avaliar os riscos e os benefícios do uso desse produto, considerando a forma de uso, a importância e a presença de outras culturas vizinhas sensíveis (SILVA; FERREIRA; MELO, 2000).

Com o uso indiscriminado de glyphosate em diversas culturas e problemas na aplicação, como falta de conhecimento, aplicações com condições do tempo desfavoráveis, ocorrem problemas que afetam a cultura, lençóis freáticos, animais e o homem. Entretanto, são escassas as pesquisas que determinam o dano sofrido pela planta e sua sensibilidade aos efeitos de doses reduzidas de herbicidas. Portanto, torna-se importante a geração de informações sobre a fitointoxicação do herbicida glyphosate sobre o cacauero (SILVA NETO; ROCHA NETO; SANTANA, 2009).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses reduzidas, simulando deriva de glyphosate no desenvolvimento inicial de mudas de cacauero.

2 Método da pesquisa

O experimento foi realizado em casa de vegetação, pertencente ao Laboratório de Tecnologia de Sementes e Matologia (LaSeM) da UNEMAT, Alta Floresta-MT, no período compreendido entre setembro e dezembro de 2015, em que foi estudado o efeito fitotóxico de glyphosate em plantas jovens de cacau (*Theobroma cacao* L.).

A pesquisa foi organizada em delineamento inteiramente casualizado, onde se utilizou cinco subdoses do herbicida glyphosate e oito repetições. As doses utilizadas representaram 0, 10, 20, 30 e 60% da dose recomendada para o controle *Brachiaria brizantha* (2,0 L ha⁻¹ do produto comercial Round-Up WG), o qual representa 00, 144, 288, 432 e 864 g ha⁻¹ do equivalente ácido do herbicida (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

As plantas de cacau foram doadas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Agricultura de Alta Floresta-MT. As mudas estavam com aproximadamente 4 meses de idade. Foram selecionadas as plantas mais uniformes quanto ao tamanho, altura, porte e sanidade, evitando-se a escolha de plantas com algum aspecto visual de ataque de doenças ou pragas, sintomas de deficiência ou qualquer outra alteração na sua qualidade física. Cada unidade experimental foi representada por um recipiente plástico com capacidade para 6 litros de substrato, contendo uma planta.

As mudas se encontravam em estágio para plantio em área definitiva. Foram transportadas para o ambiente protegido, onde ocorreu o desenvolvimento da presente pesquisa e foram mantidas em ambiente protegido com tela para a retenção de luminosidade, com valor nominal de 30% na face superior, com cobertura de filme plástico.

As plantas foram mantidas sobre superfície plana coberta com pedra brita, visando o escoamento do excesso de água proveniente das irrigações. O fornecimento de água era realizado através de sistema de irrigação por aspersão, que era ligado 2 vezes ao dia.

Durante o período de adaptação ao local, as plantas foram submetidas a uma adubação com adubo comercial formulado (10:30:20) à base de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, fornecendo-se 5 gramas apenas uma vez, 7 dias após a chegada ao ambiente protegido. No final da tarde, esse adubo foi lançado sobre a superfície do solo de cada unidade experimental, para evitar perdas por volatilização da ureia.

Após 20 dias de aclimação das mudas, elas foram submetidas a tratamento com o herbicida em suas subdoses. A aplicação do herbicida foi realizada com o auxílio de um pulverizador costal, pressurizado a CO₂ (2,0 kgf cm⁻²), equipado com barra de uma ponta de pulverização de jato plano (Teejet® XR 110.02) e com reservatório de 2,0 L de capacidade, regulado para proporcionar um consumo de 200 L ha⁻¹ de calda. A aplicação foi realizada no final da tarde. No momento da aplicação, as médias de temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade e velocidade do vento foram de 31,1 °C, 54%, 489¹⁰ Lux e 1,5 km h⁻¹, respectivamente.

As avaliações foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) das subdoses de glyphosate. Nesses momentos, eram realizadas

avaliações visuais, buscando identificar os efeitos de fitointoxicação nas plantas de cacau. Para isso, foi utilizada uma escala de notas visuais, em que 0 (zero) correspondia a ausência de injúria na planta e 10 (dez) à morte das plantas (SBCPD, 1995). Os parâmetros utilizados no estabelecimento das notas foram: a quantidade e a uniformidade das injúrias, capacidade de rebrota das plantas e quantidade de plantas mortas.

Também foi avaliada a altura da planta, o comprimento do caule, a massa seca, o comprimento radicular e o número de folhas das plantas de cacau em função das subdoses de glyphosate.

Na avaliação aos 14 e 28 dias, foi realizada uma avaliação destrutiva para mensuração do comprimento da raiz, sendo utilizada metade das amostras por tratamento. Foi também realizada a lavagem das plantas, onde a parte aérea e o sistema radicular foram separados e submetidos à secagem (70 °C por 72 horas), para posterior determinação da massa seca de raiz e de parte aérea.

Tabela 1 – Escala de notas para avaliação visual de fitointoxicação sobre as plantas de cacau (*Theobroma cacao*), após tratamento com subdoses de glyphosate

| CONCEITO | NOTA | OBSERVAÇÃO |
|-------------|--------|--|
| Muito leve | 0 – 1 | Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observam quaisquer alterações na planta. |
| Leve | 2 – 3 | Sintomas nítidos, de baixa intensidade |
| Moderada | 3 – 4 | Sintomas nítidos, mais intensos que na classe anterior |
| Aceitável | 4 – 5 | Sintomas pronunciados, mas totalmente tolerados pela planta |
| Preocupante | 5 – 6 | Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação |
| Alta | 6 – 9 | Danos irreversíveis, com redução drástica no desenvolvimento da planta |
| Muito alta | 9 – 10 | Danos irreversíveis muito severos. Nota cem para morte da planta |

Fonte: adaptado de SBCPD (1995)

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste F,

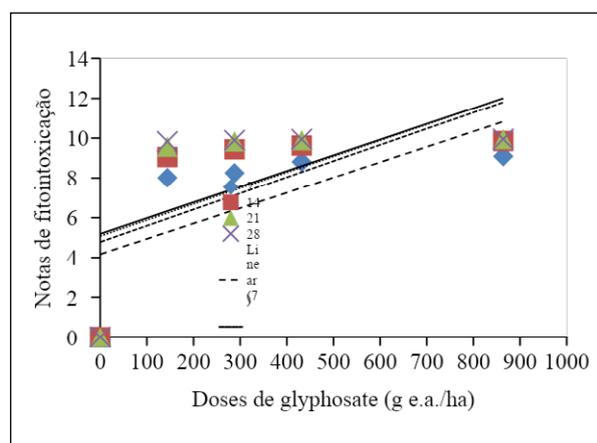
utilizando-se para isso, o Software estatístico Sisvar 4.3 (FERREIRA, 2011). Como era um fator quantitativo, havendo significância, foi realizada análise de regressão.

3 Resultados da pesquisa

Os sintomas de fitointoxicação observados nas plantas de cacauetei caracterizaram-se por clorose, murcha e necrose das folhas, sendo que desde a primeira avaliação, ou seja, aos 7 DAA, já era nítida a visualização do efeito deletério do herbicida sobre as plantas. Em todas as avaliações realizadas verificou-se que a fitointoxicação nas plantas aumentou com o incremento da dose aplicada (Figura 2).

Conforme é verificado na Figura 1, as plantas já sofreram o efeito do glyphosate na primeira avaliação. A partir de então, houve uma manutenção na tendência de resposta de fitointoxicação ao herbicida em função do aumento das doses. Resultados semelhantes também foram relatados em outras pesquisas, como os descritos por YAMASHITA; GUIMARÃES (2005) em algodoeiro e também por TUFFI SANTOS *et al.* (2006 e 2007), na cultura do eucalipto.

Figura 1 – Níveis de intoxicação das plantas de cacauetei aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de subdoses glyphosate.



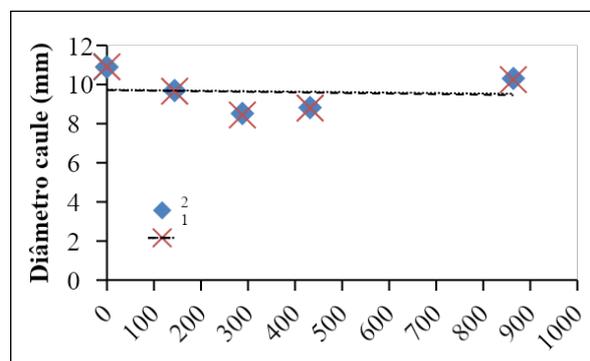
As plantas demonstraram baixo nível de tolerância às doses aplicadas, sendo verificado efeito pronunciado desde a menor dose. Os efeitos surgiram a partir de danos visuais verificados nas plantas, como amarelecimento das folhas. Tais efeitos evoluíram para clorose sintomática e intensa, corroborando com os resultados descritos por França *et al.* (2010), na aplicação de subdoses de glyphosate em plantas

de café, que, por sua vez, evoluíram para necrose e posterior queda das folhas. Além disso, também foi verificada, desde a menor dose, a morte dos ápices caulinares. Esse efeito deve-se à incapacidade das plantas em disponibilizar ou anular a ação do herbicida, causando efeitos danosos que evoluíram para um quadro de incapacidade de recuperação das mesmas.

O glyphosate é um herbicida de amplo espectro de ação, motivo que leva muitos agricultores a utilizarem este produto em diversas culturas. Em alguns casos, devido à falta de prática e cuidado, parte do produto aplicado pode atingir plantas não-alvo, causando sérios danos pelo efeito da deriva. Este herbicida pode causar fitointoxicação severa em culturas como a do algodão (YAMASHITA *et al.*, 2005) e causar estresse oxidativo na cultura do tomate (LANGARO *et al.*, 2014). Entretanto, alguns estudos têm demonstrado que algumas espécies apresentaram condições de recuperação em subdoses, como o jenipapo (GUSMÃO; RONDON NETO; YAMASHITA, 2011) e a bananeira (PEREIRA, 2014). Contudo, o cacauetei demonstrou ser uma planta extremamente sensível à ação do glyphosate, mesmo em subdose.

Ao se avaliar o diâmetro de caule (Figura 2), percebe-se que as subdoses não afetaram significativamente as plantas de cacauetei durante as duas primeiras avaliações, até pelo fato de o cacauetei ser uma espécie arbórea e seu desenvolvimento caulinar não apresentar alterações consideráveis nos primeiros 14 dias de avaliação.

Figura 2 – Diâmetro do caule das plantas de cacauetei aos 21 e 28 dias após a aplicação de subdoses glyphosate.



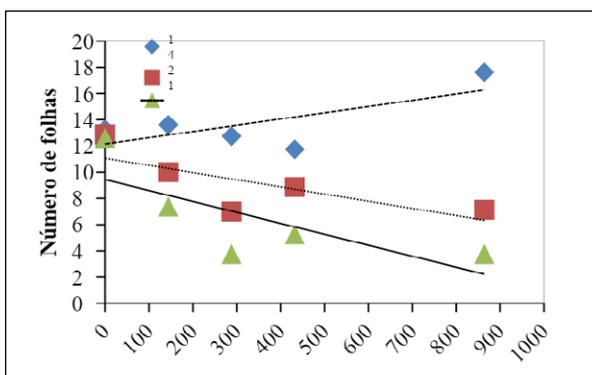
No entanto, na 3ª e 4ª avaliações, houve uma pequena redução e posterior aumento, apresentando respostas quadráticas. Esse fato pode ter sido

verificado devido às plantas estarem completamente mortas e desfolhadas, sem que ocorra quaisquer alterações fisiológicas, fazendo com que as plantas ficassem desidratadas com aspecto definhado. Em contrapartida, França *et al.* (2010), em estudo utilizando subdoses de glyphosate em plantas jovens de café, relatam que o diâmetro do caule não apresentou diferença após a aplicação do herbicida. Esse resultado foi próximo ao obtido por Gusmão; Rondon Neto; Yamashita (2011), trabalhando com jenipapo.

Segundo Devine *et al.* (1993), a redução de diâmetro de caule, em função da aplicação do glyphosate, a partir de doses muito baixas, pode estar relacionado à ausência do ácido indol-3-acético (AIA), que é sintetizado a partir do triptofano. Devido à inibição da via do chiquimato pelo glyphosate, o AIA não é produzido. Assim, o ácido indol-3-acético, por ser responsável pela expansão celular e manutenção da dominância apical, está assim, diretamente associado ao crescimento da mesma (GRUYS; SIKORSKI, 1999).

Tratando-se do número de folhas (Figura 3), as plantas sofreram com o efeito das subdoses já na primeira avaliação. Assim como verificado nas notas de fito toxicação (Figura 1), a queda prematura das folhas ocorreu a partir da segunda avaliação, aos 14 DAA.

Figura 3 – Número de folhas das plantas de cacau aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação de subdoses glyphosate.



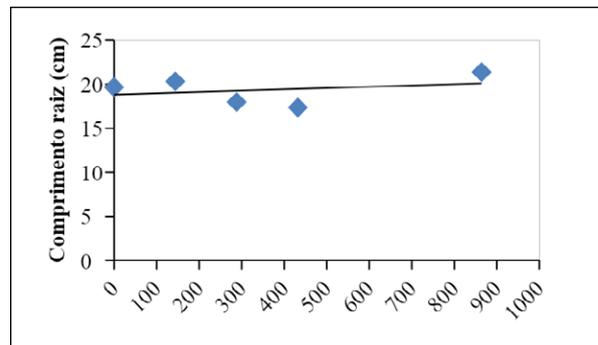
As folhas não apresentaram, ao longo das avaliações, capacidade de recuperação. Foi comprovado que até a menor subdose de 144 g e.a. ha⁻¹ afetou severamente as mudas de cacau na terceira e quarta avaliações, causando a morte das mesmas. Esses resultados assemelham-se aos verificados por Tuffi Santos *et al.* (2006) que, trabalhando com deriva sumulada em eucalipto, relataram danos

mais acentuados a partir de subdoses menores (178,8 g e.a. ha⁻¹), comprovando assim a agressividade do herbicida glyphosate em cacau.

Na última avaliação (28 DAA), não foi detectada capacidade de recuperação das mudas, sendo que as folhas atingiram menores quantidades por plantas. Tais resultados diferem dos relatados por Pereira *et al.* (2011) que, trabalhando com subdoses de glyphosate em mudas de eucalipto, após o 28 DAA, verificaram uma acentuada diminuição dos sintomas e grande capacidade de recuperação das plantas.

A determinação do comprimento das raízes foi realizada aos 14 e 28 DAA, através da análise destrutiva. Dados coletados aos 14 DAA demonstraram que nessa avaliação, as raízes das plantas não sofreram efeito da deriva das doses. Entretanto, aos 28 DAA, houve morte das plantas, resultando em diferença significativa na maior dose estudada (Figura 4).

Figura 4 – Comprimento radicular das plantas de cacau aos 28 dias após a aplicação de subdoses glyphosate.



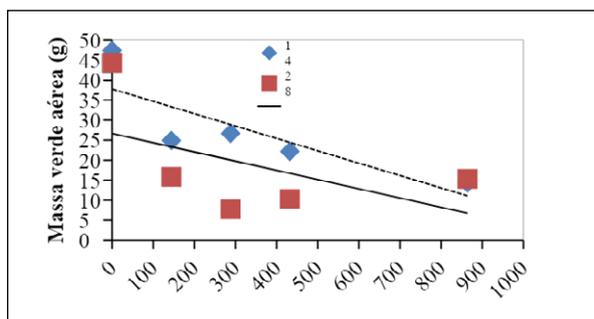
Nota-se que, na menor dose (144 g e.a. ha⁻¹), o comprimento radicular não sofreu redução e sim um pequeno incremento, aproximando-se aos resultados encontrados por Wagner Jr *et al.* (2008) que, simulando a aplicação do glyphosate no maracujazeiro, verificaram aos 28 DAA que não houve redução no comprimento radicular. Já França *et al.* (2010), relatam que na primeira dosagem do herbicida no cafeeiro, houve diminuição no comprimento das raízes, sendo mais acentuada nas raízes axiais, diferenciando com os resultados obtidos no trabalho aqui estudado.

Na avaliação da variável massa verde da parte aérea (Figura 5), notou-se uma regressão nas avaliações aos 14 e 28 DAA.

Verificou-se que houve, a partir da menor dose (144 g e.a. ha⁻¹), brusca diminuição da massa verde aérea das plantas jovens de cacau. Sendo assim, com a

aplicação de glyphosate, verificou-se que praticamente todas as plantas sofreram redução de três vezes o peso da testemunha, no acúmulo de massa verde da parte aérea.

Figura 5 – Massa verde da parte aérea das plantas de cacaueteiro aos 14 e 28 dias após a aplicação de subdoses glyphosate.



O herbicida glyphosate se transloca por toda a planta, atingindo as regiões de crescimento das plantas, dificultando, assim, a síntese dos aminoácidos essenciais para a produção de proteínas e divisão celular em regiões meristemáticas da planta (KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000). Dessa maneira, as plantas, após o contato com o glyphosate, exibem redução no seu crescimento, tanto de parte aérea como radicular, prejudicando o acúmulo de massa vegetal. Contudo, a intensidade da redução do crescimento dependente da dose do herbicida a que a planta foi submetida (GOMES, 2011).

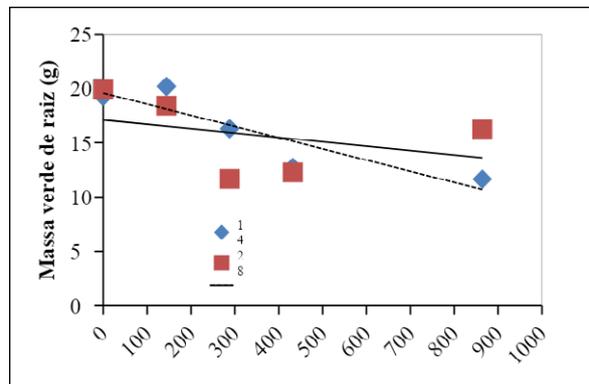
Diversos trabalhos têm relatado a redução no acúmulo de massa verde de diferentes espécies, pela ação do glyphosate. *Ceiba pentandra* e *Schizolobium amazonicum* tiveram sua massa de planta reduzida em aproximadamente 20% quanto da aplicação de doses de glyphosate que variaram entre 90 e 360 g e.a. ha⁻¹ (YAMASHITA *et al.*, 2009). E plantas jovens de pinhão-manso tiveram sua massa seca reduzida em 35%, em função da aplicação de 576 g e.a. ha⁻¹ (PICOLI, 2010).

Entretanto, Silva *et al.* (2012) relataram que, em doses menores, o glyphosate pode até estimular o aumento da altura da planta, podendo, de alguma forma, trazer incremento da parte aérea, divergindo dos resultados verificados no presente trabalho. Também Velini *et al.* (2008), trabalhando com mudas de eucalipto, notaram que ocorreu incremento na biomassa a partir das doses de 38 g e.a. ha⁻¹.

A massa de matéria verde da raiz, apresentado na Figura 6, indica que houve diferença significativa entre as doses em ambas as avaliações (14 e 28 DAA).

Em ambas as avaliações, verifica-se que a tendência foi praticamente semelhante, havendo redução gradual dessa variável à medida que a subdose era aumentada.

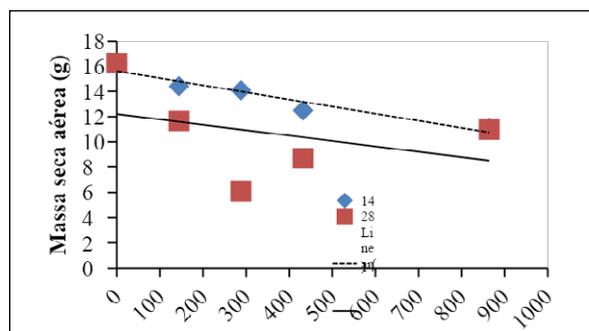
Figura 6 – Massa verde da raiz das plantas de cacaueteiro aos 14 e 28 dias após a aplicação de subdoses glyphosate.



Com a diminuição do comprimento do radicular do cafeeiro, França *et al.* (2010), afirmam que haverá redução também na massa verde da raiz. Tal fato veio a ser verificado na presente pesquisa. Parte das plantas estava em estágio sintomático avançado de fitointoxicação, causado pelo glyphosate, desde a primeira avaliação, e possivelmente, de alguma maneira, influenciou na redução da massa verde da raiz.

Tanto massa seca da parte aérea (Figura 7) como massa seca da raiz (Figura 8), seguiu uma tendência muito semelhante, refletindo, como comentado anteriormente, o efeito do herbicida no acúmulo de massa verde, seguindo redução partir de equação de regressão quadrática.

Figura 7 – Massa seca da parte aérea das plantas de cacaueteiro aos 14 e 28 dias após a aplicação de subdoses glyphosate.



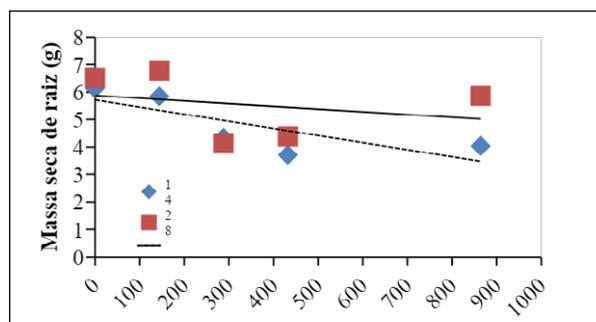
Resultados obtidos por Costa *et al.* (2012), na aplicação de 60, 90 e 120 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate em eucalipto, sinalizam que houve redução na produção de massa seca, aproximando-se dos resultados verificados no presente trabalho. Entretanto, Machado *et al.* (2010), simulando deriva de glyphosate em mudas de eucalipto, verificaram que para as dosagens de 43,2 e 86,4 g e.a. ha⁻¹, houve um incremento na produção de massa seca. Contudo, esse fato pode ter ocorrido devido à baixa concentração utilizada em comparação às dosagens aplicadas nas mudas cacauzeiro do presente estudo.

Pereira *et al.* (2011) relatam que, ao aplicar dose de 40 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate em eucalipto, houve incremento dessa variável. Entretanto, a partir de 540 g e.a. ha⁻¹, obteve-se a diminuição da massa verde radicular, assemelhando-se ao ocorrido no presente estudo.

Quando realizadas as últimas avaliações, nota-se que ambas ocasionaram, até determinada subdose, decréscimo de massa e posterior acréscimo, sendo representadas pela tendência quadrática em ambas as variáveis.

Tuffi Santos *et al.* (2006) destacam que o glyphosate age no metabolismo da planta, influenciando em várias rotas metabólicas, o que resulta em redução da massa vegetal. Esse fato ocorreu na presente pesquisa, onde as médias de peso seco tanto para parte aérea como radicular foram significativamente reduzidos.

Figura 8 – Massa seca de raiz das plantas de cacauzeiro aos 14 e 28 dias após a aplicação de subdoses glyphosate.



Todos esses resultados demonstram a sensibilidade de plantas de cacauzeiro ao efeito do glyphosate, mesmo em baixas doses. Assim, o manejo da cultura, utilizando-se herbicida, deve ser realizado com muito cuidado, evitando que partículas da calda herbicida atinjam a cultura.

Essa deriva pode ocasionar às plantas, especialmente as mais jovens, ou seja, aquelas que foram recentemente plantadas no seu local definitivo, danos que podem, inclusive, causar a sua morte, resultando em redução drástica no estande da cultura.

4 Conclusão/Considerações

O cacauzeiro é uma espécie que apresenta grande sensibilidade à deriva do herbicida glyphosate, e sua fitointoxicação aparece já nas dosagens mínimas (144 g e.a. ha⁻¹), podendo causar a morte do mesmo.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE JUNIOR, O.P.; SANTOS T.C.R.; BRITO, N.M.; RIBEIRO, M.L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002. DOI: 10.1590/S0100-40422002000400014. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000400014. Acesso em: 15 abr. 2019.
- ARAÚJO, M. **Vassoura de Bruxa**. Disponível em: <http://www.infoescola.com/plantas/vassoura-de-bruxa/>. Acesso em: 15 out. 2015.
- AZANIA, C.A.M. **Comparação de métodos para determinar a seletividade de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar**. 2004. 116 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2004. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105228>. Acesso em: 06 abr. 2016.
- BRIGHENTI, A.M.; OLIVEIRA, M.F. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p.263-304. Disponível em: <http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- COMISSÃO EXECUTIVA DE PLANEJAMENTO DA LAVOURA CACAUEIRA – CEPLAC. **Características gerais do cacau**. Cruzeiro – DF, 2015. Disponível em: < <http://www.ceplac.gov.br/radar/cacau.htm>>. Acesso em: 06 abr. 2016.
- CONSTANTIN, J. Métodos de manejo. In: OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 67-78. Disponível

em: <http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

COSTA, A.C.P.R.; COSTA, N.V.; PEREIRA, M.R.R.; MARTINS, D. Efeito da deriva simulada de glyphosate em diferentes partes da planta de *Eucalyptus grandis*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1663-1672, 2012.

DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33n5p1663. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/7730/11546>. Acesso em: 05 abr. 2019.

COSTA, N. V.; ERASMO, E. A. L.; QUEIROZ, P. A.; DORNELAS, D. F.; DORNELAS, B. F. Efeito da deriva simulada de glyphosate no crescimento inicial de plantas de pinhão-manso. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 1105-1110, 2009. DOI: 10.1590/S0100-83582009000500024. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582009000500024. Acesso em: 11 abr. 2016.

DAMIN, V. **Biodegradação, sorção e desorção do herbicida ¹⁴C-diuron em dois latossolos tratados com lodo de esgoto**. 2005. 83 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-18072005-153931/pt-br.php>. Acesso em: 06 abr. 2016.

DEVINE, M. D.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action**. New Jersey: PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993. 441 p.

FAO. Food and agriculture organization of the united nations. **Statistical Database**, 2012. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>> Acesso em: 05 mai. 2016.

FERREIRA, D.F. Sisvar A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001. Disponível em : <https://www.scielo.br/cagro/aj/KLJXN9KysfmX6rvL93TSh/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 07 jun. 2021.

FRANÇA, A.C.; FREITAS, M.A.M.; FIALHO, C.M.T.; SILVA, A.A.; REIS, M.R.; GALON, L.; VICTORIA FILHO, R. Crescimento de cultivares de café arábica submetidos a doses do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.3, p.599-607, 2010. DOI: 10.1590/S0100-83582010000300017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582010000300017. Acesso em: 15 abr. 2016

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. São Paulo: ACADCOM, 2005. 67p. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Plantas_daninhas_glifosatoID-VCQ0aRyNYE.pdf. Acesso em: 02 abr. 2016.

GOMES, G. L. G. C. **Alterações metabólicas de plantas de milho submetidas à aplicação de glyphosate e fosfito**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado Proteção de plantas) Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/97185>. Acesso em: 28 mar. 2016.

GRAMACHO, I.C.P.; MAGNO, A.E.S.; MANDARINO, E.P.; MATOS, A. **Cultivo e beneficiamento do cacau na Bahia**. Ilhéus: CEPLAC, 1992. 124p.

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

GUSMÃO, G. A.; RONDON NETO, R. M.; YAMASHITA, O. M. Deriva simulada de glyphosate em plantas jovens de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, v.10, n.1, p.13-19, 2011. DOI: 10.7824/rbh.v10i1.91. Disponível em: <http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/91>. Acesso em: 26 abr. 2016.

MAST–BOTÂNICA. **Cacauzeiro**. 2015. Disponível em: http://www.mast.br/multimidia/botanica/frontend_html/artigos/index-id=231.html. Acesso em: 15 out. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Confronto das safras de 2009 e 2010 – Brasil**: novembro 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201011_5.sht m>. Acesso em: 20 fev. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal**. v. 41, 2013. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2013/default_pdf.shtm>. Acesso em: 21 abr. 2016.

KRUSE, N.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, v.1, p.139-146, 2000. DOI: 10.7824/rbh.v1i2.328. Disponível em: <http://rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/328>. Acesso em: 12 mai. 2016.

LANGARO, A.C.; NOHATTO, M.A.; PERBONI, L.T.; TAROUÇO, C.P.; AGOSTINETTO, D. Alterações fisiológicas na cultura do tomateiro devido à deriva simulada de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, v.13, n.1, p.40-46, 2014. DOI: 10.7824/rbh.v13i1.282. Disponível em: http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/viewFile/282/pdf_19. Acesso em: 14 mai. 2016.

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J. Comportamento de pesticidas em solos brasileiros. *In*: CURTI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, G.L.R.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; AVAREZ V., V.H. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p. 335-400.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**. Plantarum, Nova Odessa, 2008. 672p.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, L. D. T.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; MACHADO, M. S.; FREITAS, F. C. L. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 319-327, 2010. DOI: 10.1590/S0100-83582010000200011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582010000200011. Acesso em: 19 mai. 2016.

MERCADO DO CACAU. **História do Cacau**. Disponível em: <http://www.mercadodocacau.com/cacau>. Acesso em: 14 out. 2015.

OLIVEIRA JR, R.S. Introdução ao controle químico. *In*: OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 125-140. Disponível em: <http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

PEREIRA, A.F. **Deriva de glyphosate em plantas jovens de bananeira**. 2014. 36 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Universidade do Estado de Mato Grosso. Alta Floresta, 2014.

PEREIRA, M.R.R.; RODRIGUES, A.C.P.; CAMPOS, C.F.; FILHO, A.L.M.; MARTINS, D. Absorção de subdoses glyphosate aplicadas em diferentes locais de plantas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.589-594, 2011. DOI: 10.1590/S0100-67622011000400002. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rarv/v35n3s1/02.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2016.

PICOLI, W. **Deriva simulada de glyphosate em plantas jovens de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2010. 34p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Universidade do Estado de Mato Grosso. Alta Floresta, 2010.

PITELLI, R.; MARCHI, S. R. Interferência das plantas daninhas nas áreas de reflorestamento. *In*: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 3., 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: 1991. p. 110-123.

PITELLI, R.A.; PITELLI, R.L.C.M. Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas. *In*: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004, p.29-55.

PLANETA CACAU. **O Cultivo do Cacau**. Disponível em: <<http://www.ceplacpa.gov.br/site/?p=3009>>. Acesso em: 14 out. 2015.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 6 ed. Londrina: IAPAR, 2011. 697 p.

RONCA, P.P.F. **Manejo do Mato: Mudança de paradigma na cafeicultura**. 2007. Disponível em <<http://www.cafepoint.com.br/radares-tecnicos/manejo-de-lavoura/manejo-do-mato-mudanca-de-paradigma-na-cafeicultura-34267n.aspx>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

RONDON NETO, R. M.; BENETTI, E.; YAMASHITA, O. M.; GUSMÃO, G. A. Fitotoxicidade de perobamica (*Aspidosperma desmanthum*) submetidas à deriva de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, v.10, n.2, p. 103-109, 2011. DOI: 10.7824/rbh.v10i2.108. Disponível em: <http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/viewFile/108/pdf>. Acesso em: 16 abr. 2016.

SEBRAE. **O mercado do cacau como oportunidade para os pequenos negócios**. São Paulo: Boletim SEBRAE. 2014. 7p.

SILVA NETO, P. J. da.; MATOS, P.G.G.; MARTINS, A.C.S.; SILVA, A.P. **Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira**. Belém, CEPLAC, 2001. 125p.

SILVA NETO, P. J. da.; ROCHA NETO, O.G.; SANTANA, A.C.de. Custos com o controle de plantas invasoras no cultivo do cacau em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.51, n.1, p.69-82, 2009.

Disponível em: <<https://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/143/54>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

SILVA, A.A.; SILVA, J.F. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. Cap. 1, p. 1-37.

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, 2012. DOI: 10.1590/S1983-40632012000300008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632012000300008. Acesso em: 06 abr. 2016.

SILVA, S.A.; HANSEN, D.S. **Cultura do cacau**. Disponível em: www.culturasregionais.ufba.br/cultura-cacau.doc. Acesso em: 10 abr. 2016.

SILVA, W.; FERREIRA, L. R.; MELO, H. B. Tolerância de cinco espécies de *Pinus* a herbicidas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 21-25, 2000.

SILVEIRA, H.M.; SILVA, D.V.; SANTOS, J.B.; CASTRO NETO, M.D.; FERREIRA, E.A.; CARVALHO, F.P.; SILVA, A.A.; SEDIYAMA, T. Sensibilidade de cultivares de mandioca ao herbicida mesotrione. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, v.11, n.1, p.24-31, 2012. DOI: 10.7824/rbh.v11i1.128. Disponível em: <https://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/128>. Acesso em: 02 fev. 2016.

TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; DUARTE, W.M.; TIBURCIO, R.A.S.; SANTOS, M.V. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.2, p.359-364, 2006. DOI: 10.1590/S0100-83582006000200020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582006000200020. Acesso em: 03 mar. 2016.

TUFFI SANTOS, L.D.; MACHADO, A.F.L.; VIANA, R.G.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; SOUZA, G.V.R. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.1, p.133-137, 2007. DOI: 10.1590/S0100-83582007000100014. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582007000100014. Acesso em: 18 nov. 2015.

VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M.C.; MESCHEDE, D.K.; SOUZA, R.T.; DUKE, S.O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, London, v. 64,

n. 4, p. 489-496, 2008. DOI: 10.1002/ps.1562. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ps.1562>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WAGNER JR, A.; TUFFI SANTOS, L.D.; SANTOS, C.E.M.; SILVA, J.O.C.; PIMENTEL, L.D.; BRUCKNER, C.H.; FERREIRA, F.A. Deriva simulada de formulações comerciais de glyphosate sobre maracujazeiro amarelo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 677-683, 2008. DOI: 10.1590/S0100-83582008000300024. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582008000300024. Acesso em: 04 mai. 2016.

YAMASHITA, O. M.; BETONI, J.R.; GUIMARÃES, S.C.; ESPINOSA, M.M. Influência do glyphosate e 2,4-D sobre o desenvolvimento inicial de espécies florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.84, p.359-366, 2009. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr84/cap03.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2016.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Varia Scientia Agrárias**, Cascavel, v.03, n.01, p.189-215. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/5643>. Acesso em: 17 abr. 2016.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Resposta de cultivares de algodoeiro a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 627-633, 2005. DOI: 10.1590/S0100-83582005000400010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582005000400010. Acesso em: 14 mar. 2016.

YAMASHITA, O.M.; MENDONÇA, F.S.; ORSI, J.V.N.; RESENDE, D.D.; KAPPES, C.; GUIMARÃES, S.C. Efeito de doses reduzidas de oxyfluorfen em cultivares de algodoeiro. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 917-921, 2008. DOI: 10.1590/S0100-83582008000400024. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582008000400024. Acesso em: 21 abr. 2016.