UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

NAIRA MORELI DE FREITAS

**MISTURAS DE HERBICIDAS PARA O CONTROLE DA TRAPOERABA E O
EFEITO DA DERIVA NA CULTURA DO CAFÉ**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2016

NAIRA MORELI DE FREITAS

**MISTURAS DE HERBICIDAS PARA O CONTROLE DA TRAPOERABA E O
EFEITO DA DERIVA NA CULTURA DO CAFÉ**

**Relatório final, apresentado à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências para a obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.**

**Orientador: Francisco Claudio Lopes de
Freitas**

**Coorientadores: Douglas Teixeira Saraiva
Gustavo Antônio Mendes Pereira**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2016

NAIRA MORELI DE FREITAS

**MISTURAS DE HERBICIDAS PARA O CONTROLE DA TRAPOERABA E O
EFEITO DA DERIVA NA CULTURA DO CAFÉ**

**Relatório final, apresentado à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências para a obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.**

APROVADA: 21 de junho de 2016.

**Prof. Francisco Claudio Lopes de Freitas
(Orientador)
(UFV)**

RESUMO

As espécies de trapoeraba *Commelina benghalensis* e *C. diffusa* estão entre as principais plantas infestantes na cultura do café, devido à dificuldade de controle nos primeiros anos de cultivo e à sensibilidade do café aos herbicidas utilizados. Objetivou-se com esse trabalho avaliar herbicidas/misturas de herbicidas sobre a eficácia no controle das espécies de trapoeraba e intoxicação na cultura do café, bem como o efeito das interações entre as misturas. Para tal, foram conduzidos dois experimentos, sendo o primeiro em esquema fatorial 12x2, com 12 herbicidas/misturas (glyphosate, glyphosate + metsulfuron-methyl, glyphosate + flumioxazin, glyphosate + 2,4-D, glyphosate + oxyfluorfen, glyphosate + carfentrazone, metsulfuron-methyl, flumioxazin, 2,4-D, oxyfluorfen e carfentrazone) e duas espécies de trapoeraba (*C. benghalensis* e *C. diffusa*) e o segundo, em esquema fatorial 6x2+1, com seis herbicidas/misturas (glyphosate, glyphosate + metsulfuron-methyl, glyphosate + flumioxazin, glyphosate + 2,4-D, glyphosate + oxyfluorfen e glyphosate + carfentrazone) e duas formas de aplicação nas plantas de café aos 120 dias após o transplante (atingindo 1/3 da copa do café e com a copa protegida) mais uma testemunha sem herbicidas. Verificou-se variação na tolerância das espécies de trapoeraba para os herbicidas avaliados. *C. benghalensis* foi controlada pelos tratamentos glyphosate, 2,4-D, glyphosate + 2,4-D e glyphosate + metsulfuron-methyl, enquanto a *C. diffusa* foi controlada pelo 2,4-D e pelas misturas glyphosate + metsulfuron-methyl, glyphosate + oxyfluorfen e glyphosate + flumioxazin. A mistura glyphosate + 2,4-D foi eficiente no controle das trapoerabas mas causou intoxicação e redução no crescimento do café. Houve antagonismo na mistura glyphosate + carfentrazone para o controle das duas espécies e nas misturas glyphosate + oxyfluorfen e glyphosate + flumioxazin para a *C. benghalensis*.

Palavras-chave: *Commelina benghalensis*, *Commelina diffusa*, antagonismo, sinergismo

ABSTRACT

The species of dayflower *Commelina benghalensis* and *C. diffusa* are among the main weeds in coffee crop because of the difficulty of control in the early years of cultivation and coffee sensitivity to herbicides. The objective of this study was to evaluate herbicides/mixtures of herbicides on the effectiveness in controlling species of dayflower and intoxication in the coffee culture as well as the effect of interactions between mixtures. Therefore, two experiments were conducted, the first in a factorial 12x2 with 12 herbicides/mixtures (glyphosate, glyphosate + metsulfuron-methyl, glyphosate + flumioxazin, glyphosate + 2,4-D, glyphosate + oxyfluorfen, glyphosate + carfentrazone, metsulfuron-methyl, flumioxazin, 2,4-D, oxyfluorfen and carfentrazone) and two species of dayflower (*C. benghalensis* and *C. diffusa*) and the second, in a factorial scheme 6x2 + 1, six herbicides/mixtures (glyphosate, glyphosate + metsulfuron-methyl, glyphosate + flumioxazin, glyphosate + 2,4-D, glyphosate + oxyfluorfen and glyphosate + carfentrazone) and two application forms in coffee plants at 120 days after transplant (to 1/3 of the coffee and canopy with canopy protected) plus a control without herbicides. There was variation in tolerance of the species for dayflower tested herbicides. *Commelina benghalensis* was controlled by glyphosate treatments, 2,4-D, glyphosate + 2,4-D and glyphosate + metsulfuron-methyl, while *C. diffusa* was controlled by 2,4-D and glyphosate mixtures by + metsulfuron-methyl, glyphosate + oxyfluorfen and glyphosate + flumioxazin. The mixture glyphosate + 2,4-D is effective in control dayflower but caused poisoning and reduction in the growth of coffee. There was antagonism in glyphosate + carfentrazone mixture for control of both species and in glyphosate mixtures + oxyfluorfen and glyphosate + flumioxazin for *C. benghalensis*. Inserir o abstract.

Keywords: *Commelina benghalensis*, *Commelina diffusa*, antagonism, synergism

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4 CONCLUSÃO	22
5 REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor e o maior exportador mundial de café, além de ser o segundo maior consumidor do produto. Em 2015, a área total utilizada para a produção da cultura foi de 1,92 milhões de hectares e a safra alcançou 43,24 milhões de sacas de café beneficiado (CONAB, 2015). No entanto a produção está abaixo do potencial devido a diversos problemas de manejo, dentre os quais se destaca a interferência exercida pelas plantas daninhas que competem com a cultura por água, luz e nutrientes (Fialho et al., 2011).

O crescimento, tanto da cultura quanto das plantas daninhas, depende da habilidade dessas em extrair os recursos do ambiente, os quais, na maioria das vezes, encontram-se limitados, estabelecendo-se então a competição. Além da competição pelos recursos de crescimento, as plantas infestantes são hospedeiras de ácaros, insetos pragas e patógenos causadores de doenças, e dificultam as operações de tratos culturais e colheita (Ronchi et al., 2003).

A interferência das plantas daninhas em relação ao café é mais intensa nos dois primeiros anos após a implantação da lavoura (Silva et al., 2008), devido ao crescimento inicial lento da cultura em relação à comunidade infestante (Fialho et al., 2010). Requerendo intervenções frequentes no sentido de realizar o controle, o qual é feito normalmente, por meio de roçadas e controle químico nas entrelinhas. Nas linhas de plantio, o controle é realizado por meio de aplicação de herbicidas em jato dirigido ou por capinas realizadas manualmente. No entanto, a baixa disponibilidade de mão-de-obra, associada ao baixo rendimento e custo operacional elevado, tem feito com que a capina seja utilizada apenas como método complementar ao controle químico.

Por outro lado, o método químico está em evidência, principalmente, pelo alto rendimento operacional, eficácia no controle das plantas infestantes e pela redução de custos em relação ao controle mecânico com capinas. Após o transplante das mudas no campo, é comum a aplicação de herbicidas seletivos para o café em pré-emergência das plantas daninhas, como o oxyfluorfen, que é inibidor da PROTOX e exerce controle sobre plantas daninhas monocotiledôneas e eudicotiledôneas por um período de 60 a 90 dias.

Após este período, quando as plantas de café, encontram-se com altura entre 35 e 50 cm, são realizadas aplicações de herbicidas não seletivos em jato dirigido, sendo o glyphosate o herbicida mais usado, devido ao seu amplo espectro de controle, elevada eficácia no controle de plantas perenizadas e por não apresentar ação residual no solo. Por outro lado, segundo Ronchi et al. (2001), a aplicação dirigida de herbicidas não-seletivos próximo na linha de plantio do café jovem apresenta grandes problemas de intoxicação nas plantas provocada pela deriva.

Ademais, o uso repetido do glyphosate nas lavouras tem causado a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes como o capim amargoso (*Digitaria insularis*) e a buva (*Coniza* sp), bem como algumas espécies tolerantes. Entre as espécies tolerantes, merece destaque a trapoeraba (*Commelina* spp), que possui grande adaptação à lavoura do café, por ser um ambiente sombreado e úmido. As duas espécies desse gênero mais comuns nas plantações de café do Estado de Minas Gerais são: *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa*, cuja propagação ocorre por meio de fragmentação do rizoma, fragmentação do caule aéreo e por sementes (Santos et al., 2002; Moreira; Bragança, 2011).

As espécies de trapoeraba se distinguem morfológicamente. A *C. Benghalensis* possui ramos mais curtos e espessos, porém tenros; folhas carnosas com tonalidades claras e sistema radicular de coloração amarronzada, com poucas raízes longas e grossas, porém com ampla rede de raízes secundárias mais finas e sensíveis. Verifica-se também a presença de flores modificadas formadas nos rizomas subterrâneos, que dão origem a sementes. Enquanto que a *C. diffusa* possui ramos longos, mais finos, porém resistentes, folhas mais delgadas, de coloração verde escura, sistema radicular de cor clara, com grande número de raízes longas e grossas e menor número de raízes secundárias (Ronchi et. al., 2001).

Um fator importante no grau de tolerância da trapoeraba ao glyphosate é o estágio de desenvolvimento (Dias et al., 2013). Segundo estes autores, comparativamente ao capim-marmelada, plantas de trapoeraba tornam-se quatro vezes mais tolerantes ao glyphosate a cada dez unidades de desenvolvimento fenológico na escala BBCH, justificando medidas de controle químico em estádios iniciais do crescimento. Monquero et al. (2001) relata que

para o controle da *C. benghalensis*, a adição de um segundo herbicida ao glyphosate tem se mostrado necessária.

Dentre os herbicidas usados em mistura em tanque com o glyphosate, para o controle de trapoeraba em pós emergência nos cafezais, merecem destaque o 2,4-D, flumioxazin, carfentrazone, metsulfuron metílico e oxyfluorfen. Todavia, poucos trabalhos relatam o nível de toxicidade para o café e a eficácia destas misturas no controle das plantas daninhas. Segundo Colby (1967), ao se misturar herbicidas em tanque para aplicação podem ocorrer efeitos sinérgicos, antagônicos ou aditivos, sendo que o sinergismo ocorre quando o efeito dos herbicidas aplicados juntos é maior que a soma dos efeitos isolados; o antagonismo ocorre quando o efeito dos herbicidas em mistura é menor que a soma dos seus efeitos quando aplicados separadamente e os efeitos aditivos ocorrem quando o efeito dos herbicidas em mistura é igual à soma dos seus efeitos quando aplicados separados.

O glyphosate é um herbicida não seletivo que inibe a ação da enzima EPSP sintase (5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase), interrompendo a síntese aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. Possui translocação via simplasto e a morte das plantas ocorre lentamente: de 7 a 14 dias após a aplicação, em plantas anuais (Silva et al, 2007), podendo ser mais lenta ainda em plantas com estrutura de reserva. O tempo mínimo sem chuvas após aplicação para se garantir a absorção foliar desse herbicida é de seis horas, para o Roundup original (Jakelaitis et al., 2001). Os sintomas desenvolvem-se aos poucos, com aparecimento de clorose e necrose. Com possível morte da planta susceptível em alguns dias ou semanas (Franz et al., 1997; Monquero et al., 2004; Oliveira Jr et al. 2011).

O 2,4-D é um herbicida auxínico, que quando aplicado em plantas sensíveis, induz mudanças metabólicas e bioquímicas, podendo levá-las à morte. Movimenta-se pelo floema e, ou, xilema, acumulando-se nas regiões meristemáticas dos pontos de crescimento. Em geral, plantas ganham maior tolerância com a idade. É muito utilizado em misturas com inibidores da fotossíntese na cultura da cana-de-açúcar, e com glyphosate, para uso no plantio direto e em aplicações dirigidas, em fruteiras e lavouras de café (Rodrigues e Almeida, 2011). Espécies sensíveis apresentam crescimento desorganizado, o que leva estas espécies a sofrer, rapidamente, epinastia das

folhas e retorcimento do caule, engrossamento das gemas terminais e morte da planta, em três a cinco semanas (Silva et al., 2007).

Os herbicidas flumioxazin, carfentrazone e oxyfluorfen são inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX), quando aplicados em pós-emergência em plantas susceptíveis causam necrose nas folhas no período de um a três dias. Mesmo em espécies consideradas tolerantes, as plantas podem exibir injúrias de moderadas a severas após a aplicação destes herbicidas em pós-emergência. Doses subletais podem produzir sintomas de bronzeamento das folhas mais novas, ao passo que a deriva de pequenas gotas causa o aparecimento de pequenas manchas brancas nas folhas (Oliveira Júnior, 2011). Enquanto ometsulfuron-methyl atua inibindo a síntese dos aminoácidos ramificados (leucina, isoleucina e valina), através da inibição da enzima Aceto Lactato Sintase (ALS). A ação do produto nas plantas daninhas sensíveis pode ser observada através da clorose das folhas e morte das gemas apicais, com evolução para morte das plantas até 21 dias após aplicação (Silva et al., 2007).

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivos avaliar a eficácia do glyphosate, aplicado isoladamente e das misturas glyphosate + metsulfuron-methyl, glyphosate + flumioxazin, glyphosate + 2,4-D, glyphosate + oxyfluorfen e glyphosate + carfentrazone no controle de *C. diffusa* e *C. benghalensis*, bem como o efeito destes sobre a intoxicação e o crescimento de plantas de café.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em vasos dispostos em campo no município de Viçosa-MG, entre os meses de janeiro a agosto de 2015, utilizando-se como substrato três partes de Latossolo Vermelho Amarelo com textura argilosa + uma parte de esterco bovino + uma parte de areia e 5 kgm⁻³ de superfosfato simples.

Experimento I - Eficácia das misturas de herbicidas no o controle da trapoeraba

O trabalho foi conduzido em Delineamento Experimental de blocos casualizados, no esquema fatorial 12x2, sendo 12 herbicidas/misturas (Tabela

1) e duas espécies de trapoeraba (*C. benghalensis* e *C. diffusa*), com três repetições. Cada unidade experimental foi composta por um vaso, com capacidade para 3,0 litros, preenchido com substrato mencionado anteriormente.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos avaliados para o controle das duas espécies de trapoeraba

Tratamentos	Dose
1. Testemunha	-
2. Glyphosate	2,0 L ha ⁻¹
3. Glyphosate + Metsulfuron-methyl	2,0 L ha ⁻¹ + 10 g ha ⁻¹
4. Glyphosate + Flumioxazin	2,0 L ha ⁻¹ + 90 g ha ⁻¹
5. Glyphosate + 2,4 - D	2,0 L ha ⁻¹ + 0,8 L ha ⁻¹
6. Glyphosate + Oxifluorfen	2,0 L ha ⁻¹ + 3,0 L ha ⁻¹
7. Glyphosate + Carfentrazone	2,0 L ha ⁻¹ + 0,1 L ha ⁻¹
8. Metsulfuron-methyl	10 g ha ⁻¹
9. Flumioxazin	90 g ha ⁻¹
10. 2,4 - D	0,8 L ha ⁻¹
11. Oxifluorfen	3,0 L ha ⁻¹
12. Carfentrazone	0,1 L ha ⁻¹

Em cada vaso foram transplantadas três mudas de trapoeraba obtidas no campo, com histórico de aplicação de glyphosate, por meio de propagação vegetativa, com um par de folhas, os vasos foram irrigados diariamente, de modo a manter a umidade do solo em torno de 70% da capacidade de campo.

As plantas cresceram por um período de 60 dias, quando as hastes foram podadas a 10 cm da base do vaso. Aos 30 e 70 dias após o transplante (DAT) foi realizada adubação de cobertura com o fertilizante N-P-K (20-05-20) na proporção de 0,5 g L⁻¹ de solo. Aos 80 DAT (20 dias após a poda) aplicou-se também fosfato monopotássico Yara na proporção de 0,25 g L⁻¹ de solo, conforme Ribeiro (1999). Aos 30 dias após a poda, quando as plantas estavam com as hastes com aproximadamente 25 cm comprimento realizou-se a aplicação dos herbicidas por meio de pulverização.

Na aplicação, utilizou-se pulverizador costal, à pressão constante de 300 kPa, mantida por CO₂, equipado com barra com duas pontas TT 11002, espaçadas de 50 cm, a 50 cm das hastes das plantas e volume de calda de 150 Lha⁻¹. As condições ambientais no momento da aplicação eram de umidade relativa de 80%, temperatura de aproximadamente 25 °C e tempo nublado.

Aos 7, 14, 28 e 60 dias após a aplicação (DAA) foram realizadas avaliações visuais de eficácia de controle, atribuindo-se notas de 0 a 100, onde 0 representa a ausência de intoxicação e 100 a morte das plantas. As interações entre os herbicidas foram determinadas a partir dos dados obtidos aos 28 e 60 DAA, por meio da equação 1 proposta por Colby (1967), com as médias dos valores observados e estimados comparadas pelo teste *t*. a 5% de probabilidade.

$$E = X1 + \frac{X2(100 - X1)}{100}$$

Onde, *E* representa o valor esperado com a associação dos herbicidas, *X1* é o efeito isolado do glyphosate e *X2* o efeito isolado do herbicida usado em mistura com o glyphosate.

Aos 60 DAA, as plantas que sobreviveram aos tratamentos tiveram suas partes separadas em caule, folhas e raízes, sendo estas lavadas para eliminação do solo. As folhas foram passadas no medidor de área Licor Equipamentos, modelo LI-3100, para determinação da área foliar. Posteriormente, as folhas, caules e raízes foram acondicionadas em sacos de papel e levados à estufa com circulação forçada de ar a 65° C até massa constante, para determinação da matéria seca de caule, raiz e folha.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6. Os dados relativos à área foliar, matéria seca de raiz, caule e folha foram transformados em $(x+1)^{0.5}$.

Experimento II – Intoxicação e crescimento de café sob efeito da deriva simulada de herbicidas

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, no esquema fatorial 6 x 2 + 1, sendo seis herbicidas/mistura (Tabela 2), com e sem proteção das plantas de café, mais uma testemunha sem aplicação de herbicidas, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta por 1 vaso contendo 10 litros de substrato, com uma planta de café (Catuaí amarelo).

Tabela 2. Descrição dos herbicidas aplicados com suas respectivas doses

Tratamentos	Dose
2. Glyphosate	2,0 L ha ⁻¹
3. Glyphosate + Metsulfuron-methyl	2,0 L ha ⁻¹ + 10 g ha ⁻¹
4. Glyphosate + Flumioxazin	2,0 L ha ⁻¹ + 90 g ha ⁻¹
5. Glyphosate + 2,4 - D	2,0 L ha ⁻¹ + 0,8 L ha ⁻¹
6. Glyphosate + Oxifluorfen	2,0 L ha ⁻¹ + 3,0 L ha ⁻¹
7. Glyphosate + Carfentrazone	2,0 L ha ⁻¹ + 0,1 L ha ⁻¹

As mudas de café com aproximadamente 15 cm de altura foram transplantadas para os vasos no dia 06 de janeiro e irrigadas diariamente, de modo a manter a umidade em torno de 70% da capacidade de campo. As adubações de cobertura foram realizadas aos 60 e 100 dias após o transplante (DAT) com o fertilizante N-P-K (20-05-20) na proporção de 0,5 g L⁻¹ de solo. Aos 110 DAT aplicou-se Fosfato monopotássico Yara na proporção de 0,25 g L⁻¹ de solo, conforme Ribeiro (1999).

Aos 120 dias após o transplante, quando as plantas estavam com aproximadamente 35 cm de altura, realizou-se a aplicação dos tratamentos com pulverizador costal em aplicação dirigida, atingindo o terço inferior das plantas nos tratamentos sem proteção e nos tratamentos com proteção, as plantas de café foram envolvidas por sacolas de polietileno, de modo que a calda atingisse apenas o solo, sem entrar em contato com as folhas.

A aplicação dos herbicidas foi realizada utilizando-se pulverizador costal, à pressão constante de 300 kPa, mantida por CO₂, com duas pontas TT 11002 espaçados de 50 cm e volume de calda de 150 Lha⁻¹.

As características avaliadas na cultura do café foram: intoxicação nas plantas aos 14, 28 e 49 dias após a aplicação (DAA), por meio de avaliação visual, com notas variando de 0 a 100, onde 0 representa a ausência de intoxicação e 100 a morte das plantas.

No dia da aplicação dos herbicidas e aos 90 DAA, mediu-se também a altura das plantas de café e a partir da diferença entre as avaliações determinou-se o crescimento destas em altura. Também, aos 90 DAA as plantas de café tiveram suas partes separadas em caule, folhas e raízes, sendo estas lavadas para eliminação do solo. As folhas foram passadas no medidor de área Licor Equipamentos, modelo LI-3100, para determinação da área foliar. Posteriormente, folhas, caules e raízes foram acondicionados em sacos de papel e levados à estufa com circulação forçada de ar a 65° C, até massa constante, para determinação da matéria seca de caule, raiz e folha.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos com herbicidas, com e sem proteção foram comparadas com a testemunha adicional pelo teste T a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento envolvendo avaliação do controle das trapoerabas (experimento I) verificou-se interação significativa para controle das espécies *C. benghalensis* e *C. diffusa* e os herbicidas/misturas avaliados, demonstrando que as espécies comportam-se de forma diferenciada com relação à sensibilidade aos herbicidas (Tabela 3).

Para a *C. benghalensis*, melhores níveis de controle, aos 7 e 14 dias após a aplicação (DAA), foram constatados quando se aplicou o herbicida carfentrazone isolado ou em mistura com glyphosate, sendo que aos 28 DAA, a mistura glyphosate + flumioxazin também controlou satisfatoriamente esta espécie (Tabela 3). No entanto, aos 60 DAA, os níveis de controle quando se

usou o carfentrazone isoladamente ou em mistura com glyphosate foram muito baixos e melhores resultados nesta época de avaliação foram verificados para glyphosate e 2,4-D aplicados isoladamente e para as misturas glyphosate + metsulfuron-methyl e glyphosate+ 2,4-D.

Para a *C. diffusa*, as misturas glyphosate + carfentrazone, glyphosate + oxyfluorfen e glyphosate + flumioxazin proporcionaram excelente controle aos 14 DAA, porém, assim como verificado para a *C. benghalensis*, a mistura com carfentrazone permitiu rebrota, reduzindo o nível de controle a partir dos 28 DAA (Tabela 3). Aos 60 DAA, melhores taxas de controle para a *C. diffusa* foram observadas quando se aplicou o 2,4-D isoladamente ou as misturas glyphosate + metsulfuron-methyl, glyphosate + oxyfluorfen, glyphosate + flumioxazin e glyphosate + 2,4-D. Embora, não se tenha constatado diferença estatística, verifica-se que o glyphosate aplicado isoladamente apresentou controle inferior às misturas relatadas anteriormente.

A eficácia inicial do carfentrazone aplicado isoladamente ou em mistura com glyphosate e posterior redução no nível de controle para as duas espécies, se deve, provavelmente, ao fato deste herbicida translocar de forma reduzida na planta (Rodrigues e Almeida, 2011), atuando de forma superficial, sem atingir por completo os tecidos de reserva, permitindo rebrota a partir dos 28 DAA. Por outro lado, a partir dos 28 DAA, nota-se aumento significativo na intoxicação pelos tratamentos com glyphosate isolado, 2,4-D isolado e as misturas glyphosate + 2,4-D e glyphosate + Metsulfuron-methyl. Isso se deve ao efeito lento desses herbicidas nas plantas (Silva et al., 2007), especialmente, quando usados em doses baixas.

Quando se compara os herbicidas/misturas entre as espécies de trapoeraba, verifica-se aos 60 DAA, maior tolerância da *C. diffusa* ao glyphosate aplicado isoladamente. Tuffy Santos et al., (2004) verificaram, aos 65 DAA, 98% de controle para *C. benghalensis* e Santos et al. (2001) constataram que *C. benghalensis* é mais sensível ao glyphosate do que *C. diffusa*. Segundo Santos et al. (2002), a maior tolerância da *C. diffusa* ao glyphosate se deve à maior concentração de amido no caule, o que torna mais lenta a translocação simplástica de herbicidas, reduzindo o acúmulo nos pontos de crescimento e permitindo a rebrota mesmo após a perda total das folhas.

Tabela 3. Controle de plantas *C. benghalensis* e *C. diffusa* aos 7, 14, 28 e 60 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas.

Tratamento	7 DAA		14 DAA		28 DAA		60 DAA	
	COMBE	COMDI	COMBE	COMDI	COMBE	COMDI	COMBE	COMDI
Testemunha	0,00 ha	0,00 gA	0,00 gA	0,00 gA	0,00 gA	0,00 gA	0,00 bA	0,00 cA
Glyphosate	10,00 gB	28,33 eA	16,66 fB	28,33 fA	65,00 cdA	16,66 fB	95,00 aA	81,00 aB
Glyphosate + Metsulfuron-methyl	13,33 fgB	71,66 bA	18,33efB	68,33 dA	81,66 bB	93,33 aA	93,33 aA	95,00 aA
Glyphosate + Flumioxazin	33,33 dB	86,66 aA	85,00 bB	93,33 aA	85,00 abB	95,00 aA	71,66 bB	93,33 aA
Glyphosate + 2,4 – D	21,66 eB	48,33 cA	40,00 dA	36,66 efA	76,66 bcA	53,33 dB	93,36 aA	98,00 aA
Glyphosate + Oxifluorfen	46,66 cB	73,33 bA	61,66cB	93,33 aA	80,34 bB	93,33 aA	71,66 bB	95,33 aA
Glyphosate + Carfentrazone	91,66 aA	86,66 aB	93,33 cA	91,66 abA	95,00 aA	93,33 aA	11,83 cA	26,66 bA
Metsulfuron-methyl	21,66 eA	16,66 fB	26,66 eA	6,66 gB	30,00 eA	0,00 gB	70,00 bA	10,00 bcB
Flumioxazin	30,00 dB	70,00 bA	63,33 bB	83,33 bcA	26,66 efB	66,66 cA	16,66 cA	26,66 bA
2,4 – D	18,33 efB	38,33 dA	40,00 dA	40,00 eA	60,00 dB	80,00 bA	95,00 aA	98,00 aA
Oxifluorfen	73,33 bA	66,66 bB	85,00 bA	70,00 dB	15,00 fB	23,33 efA	4,66 cB	30,00 bA
Carfentrazone	93,33 aA	85,00 aB	95,00 aA	76,66 cbB	86,66 abA	30,00 eB	5,00 cB	16,66 bcA
CV	6,07		5,50		8,24		13,85	

Nas colunas, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e nas linhas, para cada época de avaliação, médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar da maior tolerância ao glyphosate, a *C.diffusa* foi mais sensível que a *C. benghalensis* às misturas glyphosate + flumioxazin e glyphosate + oxyfluorfen, com índices de controle superiores à 90%, indicando possibilidade de uso destas misturas para o controle, assim como da mistura Glyphosate + 2,4 – D.

Na Tabela 4 foram apresentadas as interações das misturas dos herbicidas, onde se observa sinergismo nos tratamentos glyphosate + flumioxazin e glyphosate + oxifluorfen para *C. benghalensis* aos 28 DAA, no entanto aos 60 DAA constatou-se antagonismo para os mesmos tratamentos, ocasionando em redução no nível de controle. Todavia, para a *C. diffusa*, houve efeito aditivo, com excelente nível de controle para as respectivas misturas.

Para a mistura glyphosate + 2,4–D houve efeito antagônico nas duas espécies de trapoeraba aos 28 DAA, mas aos 60 DAA notou-se efeito aditivo para esse tratamento, proporcionando elevados níveis de controle, o que leva a crer que a mistura desses herbicidas retarda o efeito final.

Tabela 4. Interações de herbicidas em mistura com glyphosate sobre a intoxicação de plantas *C. benghalensis* e *C. diffusa* aos 28 e 60 dias após a aplicação (DAA).

Herbicidas	28 DAA		60 DAA	
	Observado	Esperado	Observado	Esperado
	<i>C. benghalensis</i>			
Glyphosate + Metsulfuron-methyl	81,7	75,5	93,3	98,5
Glyphosate + Flumioxazin	85,0*	74,3	71,6*	95,8
Glyphosate + 2,4 – D	76,7*	86,0	93,3	99,7
Glyphosate + Oxifluorfen	80,3*	70,2	71,7*	95,1
Glyphosate + Carfentrazone	95,0	95,3	11,8*	95,2
	<i>C. diffusa</i>			
	Observado	Esperado	Observado	Esperado
Glyphosate + Metsulfuron-methyl	93,3*	16,6	95,0	83,7
Glyphosate + Flumioxazin	95,0*	72,0	93,3	86,6
Glyphosate + 2,4 – D	53,3*	83,0	98,0	99,6
Glyphosate + Oxifluorfen	93,3*	36,3	95,3	89,8
Glyphosate + Carfentrazone	93,3*	41,0	26,6*	83,9

*/significativo pelo teste T a 5% de probabilidade.

A mistura glyphosate + carfentrazone resultou em efeito antagônico em razão da ação rápida do carfentrazone associada à baixa translocação deste herbicida, reduzindo dessa forma, a translocação do glyphosate para os tecidos de reserva, no caso, o caule e as raízes. Esse antagonismo proporcionou baixos níveis de controle aos 60 DAA devido à rebrota das plantas.

Para a mistura glyphosate+ metsulfuron-methyl, observou-se sinergismo para a *C. diffusa* aos 28 DAA e efeito aditivo para as duas espécies aos 60 DAA (Tabela 4), indicando potencial de uso da mistura em áreas infestadas com as duas espécies.

Em razão da maior intoxicação (Tabela 3), as plantas de *C. benghalensis* submetidas à aplicação do glyphosate, 2,4-D e das misturas glyphosate + metsulfuron-methyl e glyphosate+ 2,4 – D acumularam menos matéria seca de folhas, caule e raízes aos 60 DAA (Tabela 5). Respostas semelhantes foram observadas para a *C. diffusa* quando se aplicou os respectivos herbicidas e, também, para as misturas de glyphosate + oxyfluorfen e glyphosate + flumioxazin.

O carfentrazone isolado e em mistura com glyphosate, apesar do bom desempenho inicial no controle (Tabela 3), permitiu a rebrota das duas espécies, resultando em acúmulo de matéria seca igual à testemunha sem herbicidas.

Quando se compara índices de crescimento das duas espécies de trapoeraba sem aplicação de herbicidas, percebe-se maiores valores relativos em termos de área foliar e matéria seca de folhas para a *C. benghalensis*, enquanto que a *C. diffusa*, possui maior quantidade de matéria seca acumulada no caule e nas raízes, que são órgãos de reserva da planta e podem influenciar no potencial de rebrota e/ou, dificultando a translocação de herbicidas.

No experimento II, onde foram avaliados os efeitos dos herbicidas sobre a cultura do café, verificou-se interação entre os fatores herbicidas aplicados e proteção das plantas para intoxicação aos 14 e 28 DAA. Observando-se efeito positivo da proteção de plantas apenas para a mistura dos herbicidas glyphosate + 2,4 – D (Tabela 6). Ao comparar os herbicidas dentro de cada sistema de aplicação, não se verifica diferença entre os herbicidas/mistura para aplicação com proteção, nas avaliações realizadas aos 14 e 28 DAA. Todavia,

Tabela 5. Área Foliar, massa da matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR) de *C. benghalensis* e *C. diffusa* aos 60 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).

Tratamentos	Área foliar (cm ²)		MSR g vaso-1		MSC g vaso-1		MSF g vaso-1	
	COMBE	COMDI	COMBE	COMDI	COMBE	COMDI	COMBE	COMDI
Testemunha	734.994,33 aA	132.165,33 abB	1,68 aB	7,45 abA	15,82 aA	10,80 abB	4,44 aA	1,89 abB
Glyphosate	0,00 eA	18.160,00 aC	0,82 eA	0,70 cA	44,14 eA	3,74 cA	0,00 eA	0,29 cA
Glyphosate + Metsulfuron-methyl	0,00 eA	3.040,00 cA	0,22 eA	0,43 cA	3,12 eA	0,67 cA	0,00 eA	0,06 cA
Glyphosate + Flumioxazin	256.174,33 cdA	10.595,33 cB	1,10 cdA	0,38 cB	7,61 cdA	0,35 cB	1,14 cdA	0,13 cB
Glyphosate + 2,4 – D	0,00 eA	999,67 cA	0,95 eA	0,32 cA	0,76 eA	0,33 cA	0,00 eA	0,01 cA
Glyphosate + Oxifluorfen	348.193,67 bcdA	10.842,33 cB	1,38 bcdA	0,32 cB	8,98 bcdA	0,19 cB	1,85 bcdA	0,11 cB
Glyphosate + Carfentrazone	477.179,67 abc A	34.972,33 bcB	0,92 abcA	1,78 bcB	2,51 abcA	0,83 bcB	2,30 abA	0,44 bcB
Metsulfuron-methyl	178.842,67 dA	166.963,33 abA	0,44 dA	2,80 abA	10,34 dA	10,42 abA	1,32 dA	1,72 abA
Flumioxazin	678.975,00 aA	195.807,00 aB	2,29 aA	3,47 aB	11,48 aA	3,53 aB	4,20 aA	1,91 aB
2,4 – D	2.028,33 eA	4.303,67 cA	1,32 eA	1,49 cA	2,88 eA	0,08 cA	0,01 cA	0,07 cA
Oxifluorfen	763.450,33 aA	146.132,67 abB	2,82 aA	2,45 abB	11,74 aA	4,51 abB	4,14 aA	1,89 abB
Carfentrazone	534.997,00 abA	134.203,00 abB	2,93 abA	1,48 abB	2,76 abA	4,19 abB	2,10 abA	1,54 abB

Nas colunas, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e nas linhas, para cada época de avaliação, médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

quando se procedeu a aplicação sem proteção, verificou-se aos 14 DAA, menores níveis de intoxicação para o glyphosate aplicado isoladamente, seguido de níveis moderados de intoxicação (entre 10 e 20%) para os herbicidas metsulfuron-methyl, flumioxazin, oxyfluorfen e carfentrazone em mistura com glyphosate, com recuperação das plantas aos 28 DAA. Para a mistura glyphosate + 2,4 - D aplicada sem proteção os sintomas de intoxicação foram mais severos, alcançando 46% aos 28 DAA.

A maior sensibilidade do café ao 2,4-D e glyphosate no primeiro ano de cultivo é relatada por Rochiet al. (2001). Segundo estes autores, quando estes herbicidas atingiram apenas as folhas baixas da cultura, observou-se elevada taxa de injúria nas plantas de café (90%). Todavia, o uso de misturas permitiu aplicação de menores doses de cada herbicida, reduzindo o nível de intoxicação e permitindo a recuperação das plantas, explicando o menor nível de injúria no presente trabalho, em que usou doses baixas em razão da mistura.

Tabela 6. Intoxicação de plantas de café com e sem proteção aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA)

Herbicidas	14 DAA		28 DAA	
	Com prot.	Sem prot.	Com prot.	Sem prot.
Glyphosate	2,50 aA	0,00 bA	7,50 aA	3,75 bA
Glyphosate + Metsulfuron-methyl	5,00 aA	13,75 abA	5,00 aA	2,50 bA
Glyphosate + Flumioxazin	8,75 aA	17,50 abA	6,25 aA	2,50 bA
Glyphosate + 2,4 - D	7,50 aB	25,00 aA	10,00 aB	46,25 aA
Glyphosate + Oxifluorfen	7,50 aA	12,50 abA	3,75 aA	12,50 bA
Glyphosate + Carfentrazone	5,00 aA	12,50 abA	0,00 aA	7,50 bA
CV %	89,7		76,35	

Nas colunas, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e nas linhas, para cada época de avaliação, médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 49 DAA (Tabela 7) não se verificou diferença entre os herbicidas aplicados, independente da proteção, indicando recuperação das plantas após este período, inclusive, quando se aplicou a mistura glyphosate + 2,4-D.

Mesmo com a recuperação da intoxicação aos 49 DAA (Tabela 7), as plantas submetidas à aplicação da mistura glyphosate + 2,4-D apresentaram menor crescimento, com menores taxas de área foliar, matéria seca de folhas, caule e raízes em relação aos demais tratamentos e à testemunha sem

aplicação de herbicidas (Tabela 8). Como não houve diferença entre plantas com e sem proteção, pressupõe-se que o 2,4-D pode ter sido absorvido pelas raízes do café, prejudicando seu crescimento. Para os outros herbicidas não se observou diferença nas respectivas variáveis em relação à testemunha sem herbicidas.

Tabela 7. Intoxicação de plantas de café aos 49 DAA

Herbicidas	49DAA ^{ns}
Glyphosate	1,87
Glyphosate + Metsulfuron-methyl	0,62
Glyphosate + Flumioxazin	8,75
Glyphosate + 2,4 – D	10,62
Glyphosate + Oxifluorfen	7,57
Glyphosate + Carfentrazone	3,12
Proteção	
Com Proteção	4,37
Sem Proteção	6,45
CV	148%

ns/ Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

Tabela 8. Área Foliar, massa da matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR) aos 90 dias após a aplicação dos herbicidas e crescimento das plantas em altura durante o período experimental.

Herbicidas	Área foliar cm ²	MSF g planta ⁻¹	MSC g planta ⁻¹	MSR g planta ⁻¹	Crescimento plantas Cm
Glyphosate	1979.87 a	21,87 ab	13,50 ab	9,50 ^{ns}	5,12 ^{*ns}
Glyphosate + Metsulfuron-methyl	2360.50 a	27,50 a	16,87 a	10,62	6,87
Glyphosate + Flumioxazin	2060.62 a	24,21 a	15,87* a	10,37	7,62
Glyphosate + 2,4 – D	1355.62** b	14,25** b	10,25* b	7,37**	4,62*
Glyphosate + Oxifluorfen	1920.25 ab	22,37 ab	13,12 ab	9,87	8,00
Glyphosate + Carfentrazone	2207.25 a	26,00 a	15,5 a	10,37	6,50
Proteção					
Com Proteção	1981.66 a	2,37 a	13,12 b	8,70 b	6,66 ^{ns}
Sem Proteção	1979.70 a	23,33 a	15,08 a	10,66 a	6,25
CV	19,61%	22%	21,48	27,02	39,4%
Testemunha Sem herbicida	2056,84	22,57	13,30	8,85	6,62

Nas colunas, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. */ diferem da testemunha sem herbicida pelo teste T a 5% de probabilidade.

Em face ao exposto, mesmo tendo-se observado controle satisfatório das duas espécies de trapoeraba (Tabela 3) com a aplicação da mistura glyphosate + 2,4-D, não se recomenda aplicação da mesma em lavouras com plantas jovens de café devido ao risco de intoxicação nas plantas e consequente prejuízo para o crescimento da cultura. Por outro lado, as

misturas com os herbicidas flumioxazin, oxyfluorfen e carfentrazone, apesar de não reduzirem o crescimento do café, não se mostraram eficientes no controle das espécies de trapoeraba.

O tratamento que apresentou melhor eficácia no controle das duas espécies de trapoeraba e menor efeito sobre o crescimento do café foi a mistura glyphosate + metsulfuron-methyl, enquanto que para áreas infestadas com a *C. diffusa*, as misturas dos herbicidas oxyfluorfen ou flumioxazin também foram eficientes e o glyphosate, aplicado isoladamente, é mais eficiente no controle da *C. benghalensis*.

4 CONCLUSÃO

- Houve variação na tolerância das espécies de trapoeraba para os herbicidas e misturas avaliados;
- A *Commelina diffusa* é mais tolerante ao glyphosate em relação à *C. benghalensis*;
- *C. benghalensis* foi controlada pelos tratamentos glyphosate, 2,4-D glyphosate + 2,4-D, glyphosate + metsulfuron-methyl;
- *C. diffusa* foi controlada pelo 2,4-D e pelas misturas glyphosate + metsulfuron-methyl; glyphosate +oxyfluorfen e glyphosate +flumioxazin;
- A mistura glyphosate + 2,4-D foi eficiente no controle das trapoerabasma causou intoxicação e redução no crescimento do café;
- Houve antagonismo na mistura glyphosate + carfentrazone para o controle das duas espécies de trapoeraba e nas misturas glyphosate + oxyfluorfen e glyphosate+ flumioxazinpara a *C. benghalensis*;

5 REFERÊNCIAS

COLBY, S. R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. **Weeds**, v. 15, n. 1, p. 20-22, 1967.

Companhia Nacional de Abastecimento, Acompanhamento da safra brasileira: café, v.2 – Safra 2015, n.4 – Quarto levantamento, Brasília, p. 1-60, dezembro de 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em 26 maio. 2016

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

FIALHO, C.M.T.; SILVA, G.R.; FREITAS, M.A.M.; FRANÇA, A.C.; MELO, C.A.D.; SILVA, A.A. Competição de plantas daninhas com a cultura do café em duas épocas de infestação. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, p. 969-978, 2010. Número Especial

FIALHO, C.M.T.; FRANÇA, A.C.; TIRONI, S.P.; RONCHI, C.P.; SILVA, A.A. Interferência de plantas daninhas sobre o crescimento inicial de Coffea arábica. **Planta daninha**, Viçosa-MG, vol.29, n.1. 2011.

FRANZ, J.E.; MAO, M.K. & SIKORSKI, J.A., Glyphosate: A unique global herbicide. Washington, EUA: **American Chemical Society**, 1997. 678 p.

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; MIRANDA, G.V. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após aplicação. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.9, n.2, p.279-285, 2001.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; SANTOS, C.T.D. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.19, n.3, p.375-380, 2001.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOPHOLETI, P.J. & OSUNA, M.D., Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, 22:445-451, 2004.

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas infestantes**: hortifrúti – São Paulo: FMC Agricultural Products, 1017 p., 2011.

OLIVEIRA Jr., R.S. Mecanismo de ação de herbicidas. *In*: OLIVEIRA Jr., R.S., CONSTANTIN, J, INOUE, M.K. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Editora Omnipax, 2011. p. 141-192. p.180.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa. 1999. p. 25-32.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Edição dos autores, 2011. 697 p.

RONCHI, C.P., SILVA, A.A., FERREIRA, L.R. Manejo de Plantas Daninhas em lavouras de café. Viçosa, MG 2001, p. 37.

RONCHI, C. P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 219-227, 2003.

SANTOS, I.C., MEIRA, R.M.S.A., FERREIRA, F.A., SANTOS, L.D.T., MIRANDA, G.V. Caracteres anatômicos de duas espécies de trapoeraba e eficiência do glyphosate. **Planta Daninha**, vol 20, n.1, P.1-8, 2002

SILVA, A. A., FERREIRA, A.F., FERREIRA, L.R., Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A. A., SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**, Viçosa: Editora UFV, 2007. p. 83-148

SILVA, A. A. et al. Manejo integrado de plantas daninhas em lavouras de café. In: TOMAZ, M. A. et al. (Eds.). **SEMINÁRIO PARA A SUSTENTABILIDADE DA CAFEICULTURA**. Alegre: UFES, 2008. p. 251-268.

TUFFI SANTOS, L.D.; MEIRA, R.M.S.A.; SANTOS, I.C.; FERREIRA, F.A. Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta daninha**. V.22. N.1. A.2004.