**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Seletividade e efeito residual de herbicidas pré-emergentes
aplicados na presença e ausência de resíduos florestais em
plantação de eucalipto**

Carla Arianne Papai Lobato

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em Silvicultura e Manejo Florestal

**Piracicaba
2016**

Carla Arianne Papai Lobato
Engenheira Florestal

**Seletividade e efeito residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na
presença e ausência de resíduos florestais em plantação de eucalipto**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ LEONARDO DE MORAES GONÇALVES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Lobato, Carla Arianne Papai

Seletividade e efeito residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na presença e ausência de resíduos florestais em plantação de eucalipto / Carla Arianne Papai Lobato. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016. 69 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Matocompetição 2. Cultivo mínimo 3. Crescimento 4. Biodegradação I. Título

CDD 634.9734
L796s

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A meu pai e irmão pela inspiração diária.

A minha mãe e a meu sobrinho pelo maior amor do mundo.

A meu irmão Carlos pela presença nos momentos de ausência.

A minha cunhada e meu namorado pelo apoio.

Dedico esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

- À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ e à Universidade de São Paulo - USP a oportunidade do meu aperfeiçoamento profissional e os ensinamentos para a vida;
- À Dinagro Agropecuária Ltda., a paciência, incentivo e aos novos horizontes que se abriram;
- Ao Prof. José Leonardo de Moraes Gonçalves, a oportunidade, orientação e confiança;
- Ao Pesquisador Flávio Martins Garcia Blanco, do Instituto Biológico, a orientação, conselhos e disponibilidade;
- Ao IPEF que possibilitou a realização desse trabalho na dimensão que sonhamos;
- À Fibria (Petrilli, Luciano e equipe), Suzano Papel e Celulose (Luiz Fabiano, Paulo, Heitor, Vinícius, Cleber e equipe) e Eldorado Brasil (Vinícius, Bruno, Reinaldo e equipe) por terem abraçado este sonho conosco;
- Ao estagiário Gabriel Valdo, pela dedicação, luz e ajuda infinita;
- Aos amigos Eduardo Sereguin, José Rocha, Fábio Toledo, Carolina Brandani e Kássio Mendes pelas sugestões e ajuda;
- Ao Grupo Florestal Monte Olimpo - GFMO pelos momentos de muito trabalho que foram de muita diversão e pela amizade que sempre encontro e que me faz retornar;
- Ao PTSM, em especial à José Carlos Arthur Junior, Alexandre Vicente Ferraz e Liamara Masullo por toda ajuda e por terem tornado a caminhada menos difícil;
- À Dow AgroSciences, Bayer e Agrocon pela doação de produtos;
- À equipe do viveiro do departamento de ciências florestais: Sabino, Natanael e Amarildo, pelas risadas, companhia e ajuda;

- À equipe do LEA pelo espaço cedido e paciência;
- Aos demais funcionários e docentes do departamento de ciências florestais que tornaram viável essa pesquisa, em especial ao Alexandre Vendemiatti, Jefferson Polizel, Prof. Hilton Thadeu, Prof. Demétrio, Andréa Moreira e Giovana;
- A Deus por ter colocado em meu caminho pessoas incríveis e que através de seus desígnios me faz resignada e confiante.

“Impossível é apenas uma grande palavra usada por gente fraca, que prefere viver no mundo como está em vez de usar o poder que tem para mudá-lo. Impossível não é um fato, é uma opinião. Impossível não é uma declaração, é um desafio. Impossível é hipotético. Impossível é temporário”.

Muhammad Ali

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Interferência das plantas daninhas na cultura do eucalipto.....	17
2.2 Comportamento no solo dos principais herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas utilizados nas áreas florestais.....	19
2.3 Influência dos resíduos vegetais na ação dos herbicidas no solo	23
2.4 Influência dos herbicidas nos microrganismos.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Caracterização da área experimental.....	27
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	29
3.3 Instalação e condução do experimento.....	30
3.4 Eficácia do controle de plantas daninhas	30
3.5 Inventário Florestal.....	31
3.6 Atividade microbiológica no solo	32
3.7 Análise estatística	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Composição da comunidade infestante	35
4.2 Eficácia do controle das plantas daninhas	37
4.2.1 Efeito dos resíduos florestais.....	37
4.2.2 Efeito dos herbicidas	38
4.2.3 Efeito da interação herbicidas vs. resíduos florestais	41
4.3 Interferência das plantas daninhas no crescimento inicial do eucalipto	43
4.3.1 Efeito dos resíduos florestais.....	43
4.3.2 Efeito dos herbicidas	44
4.4 Atividade microbiológica do solo	49
4.4.1 Efeito dos resíduos florestais.....	49
4.4.2 Efeito dos herbicidas.....	51
4.4.3 Efeito da interação herbicida vs. resíduo florestal.....	53
5 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS.....	59

RESUMO

Seletividade e efeito residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na presença e ausência de resíduos florestais em plantação de eucalipto

O comportamento dos herbicidas no ambiente depende de sua composição química, do modo de aplicação e de fatores edafoclimáticos. Este estudo teve como objetivos avaliar em campo: i) a interferência dos resíduos florestais no controle das plantas daninhas e na eficácia de diferentes herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas; ii) a seletividade dos diferentes herbicidas para as plantas de eucalipto e na atividade microbiológica do solo e iii) o efeito residual dos herbicidas. O experimento foi instalado em solo de textura argilosa na região de Capão Bonito, SP e cada parcela útil foi composta por três linhas com 8 m de comprimento. Foram usados quatro herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas aplicados em área total e antes do plantio do híbrido *Eucalyptus urophylla x grandis*. A pesquisa foi instalada no delineamento blocos casualizados com cinco repetições, e sete tratamentos: 1) testemunha sem resíduo (linha de plantio com solo exposto após preparo de solo e retirada manual dos resíduos florestais da entrelinha de plantio); 2) testemunha com resíduo (linha de plantio com solo exposto após preparo de solo e manutenção dos resíduos florestais na entrelinha de plantio); 3) testemunha com controle (semelhante à testemunha com resíduo, mas com capina química das plantas daninhas durante o período de avaliação); 4) aplicação de isoxaflutole; 5) aplicação de sulfentrazone; 6) aplicação de flumioxazin; 7) aplicação de oxyfluorfen. Nos tratamentos de 4 a 7, os herbicidas foram aplicados na área total da parcela com costal pressurizada e mesmo volume de calda. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados por meio da: i) avaliação visual de controle das plantas daninhas na linha e na entrelinha de plantio; ii) contagem e identificação das plantas daninhas emergidas após aplicação; iii) levantamento de sintomas de fitotoxidez e mensuração da altura da planta e do diâmetro do colo; iv) quantificação da atividade microbiológica no solo. A altura das plantas na área tratada com isoxaflutole foi 6,4 % superior comparativamente ao tratamento capinado. O flumioxazin controlou 85 % das plantas daninhas na linha de plantio aos 90 dias após aplicação (DAA), mas foi fitotóxica para algumas plantas, diminuindo a altura média. As precipitações pluviais e a temperatura atmosférica possivelmente influenciaram a eficácia do controle das plantas daninhas e a atividade dos microrganismos no solo. O preparo de solo na linha de plantio reduziu a germinação de plantas daninhas e aumentou a eficácia de controle das plantas daninhas, principalmente, nos tratamentos com flumioxazin e oxyfluorfen. Em todos os tratamentos, as plantas de eucalipto recuperaram dos efeitos fitotóxicos ao longo de 150 DAA dos herbicidas. A atividade microbiana foi muito sensível às intervenções realizadas na área experimental.

Palavras-chave: Matocompetição; Cultivo mínimo; Crescimento; Biodegradação

ABSTRACT

Selectivity and residual effect of pre-emergent herbicides in the presence and absence of forest residues in eucalyptus plantation

The behavior of herbicides in the environment depends on its chemical composition, application and edaphoclimatic factors. This study aimed to evaluate the field: i) the interference of forest residues on weed control and effectiveness of different herbicides applied in the pre-emergence of weeds; ii) the selectivity of different herbicides for eucalypt plants and microbiological activity of the soil; and iii) the residual effect of herbicides. The research was installed in a clay soil in the region of Capão Bonito, SP and each useful plot area consisted of three rows with 8 m long. Four herbicides applied in the pre-emergence of weeds were applied in total area before planting the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *grandis*. The experiment was conducted in a randomized block design with five replications and seven treatments: 1) control without residue (planting row with bare soil after preparation and manual removal of forest residues of planting interrow); 2) control with residue (planting row with bare soil after soil preparation and maintenance of forest residues in the planting interrow); 3) control weed free (similar to control with residue, but with weed chemical control during the evaluation period); 4) isoxaflutole application; 5) sulfentrazone application; 6) flumioxazin application ; 7) oxyfluorfen application. In treatment 4 to 7, the herbicides were applied at the total plot area with pressurized costal and same spray volume. The effects of the treatments were assessed by: i) visual assessment of weed control in the planting row and interrow; ii) counting and identification of weeds emerged after application; iii) survey of symptoms of phytotoxicity and measurement of plant height and base diameter; iv) measurement of microbiological activity in the soil. The height of the plants in the area treated with isoxaflutole was 6.4 % higher compared to weed free treatment. The flumioxazin controlled 85 % of the weeds in the planting row at 90 DAA, but was phytotoxic to some plants, reducing the average height. The rainfall and atmospheric temperature possibly influenced the effectiveness of weed control and activity of soil microorganisms. Soil preparation in the planting row reduced weed germination and increased weed control effectiveness, mainly in the treatments with flumixazin and oxyfluorfen. In all treatments, eucalyptus plants recovered from the phytotoxic effects over 150 DAA herbicides. Microbial activity was very sensitive to interventions in the experimental area.

Keywords: Weed competition; Minimum cultivation; Growth; Biodegradation

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a sustentabilidade e a competitividade do setor florestal dependem, dentre outros fatores, de uma base que atenda a padrões de qualidade, de produtividade e de responsabilidade ambiental cada vez mais exigentes (TUFFI SANTOS et al., 2008a). Dentre os aspectos que restringem o potencial produtivo do setor, destaca-se a existência das plantas daninhas em função da interferência negativa que sua presença impõe às espécies florestais, sendo fundamental o seu controle para estimular a competitividade deste setor. (CHRISTOFFOLETI, 2008).

De forma geral, desde seus estágios iniciais de desenvolvimento, as plantações de eucalipto demonstram-se muito sensíveis à mato-competição, cuja intensidade afeta-se através das condições edafoclimáticas do sítio em que se instala (GONÇALVES et al., 2004; GONÇALVES et al., 2013). Um exemplo desse contexto está no fato de, em um primeiro ano de cultivo, gastar-se em torno de 80% do orçamento para controlar as plantas daninhas, o que representa entre 18% e 22% do custo de formação da floresta (TEIXEIRA et al., 2015). Levando-se em consideração que o Brasil, em 2014, tinha, aproximadamente, sete milhões de hectares plantados com *Eucalyptus* e *Pinus* (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ, 2016), o controle de plantas daninhas torna-se uma questão central na silvicultura, em virtude de sua alta relevância econômica para o setor florestal.

O controle de plantas daninhas combina métodos mecânicos e químicos. Uma combinação de métodos químicos se faz com o uso de herbicidas não seletivos em área total antes do plantio e durante com a aplicação pré-emergentes na linha de plantio (GONÇALVES et al., 2013). A recomendação adequada é feita com o conhecimento das interações entre solo, planta e herbicida, buscando maximizar sua eficiência, reduzindo custos e minimizando seu impacto ambiental (MARCHIORI Jr., 2005).

Teixeira et al. (2015) destacaram que novos conceitos relacionados ao controle de plantas daninhas surgiram a partir da relação entre as opções de moléculas a utilizar no controle químico e a necessidade de mecanização das práticas silviculturais. Por exemplo, atualmente, aplicam-se herbicidas na pré-emergência das plantas daninhas em área total. O controle então, anteriormente, restrito às linhas de plantio, passou a ser realizado, também, sobre os resíduos florestais da

entrelinha, o que aumentou o rendimento operacional da atividade e postergou a aplicação de pós-emergente manual.

A eficácia e o comportamento dos herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas influenciam-se, diretamente, pelos atributos do solo (teor de carbono orgânico, pH e textura, principalmente), pela população de microrganismos, pelo ambiente (temperatura e precipitação pluvial) e pelas práticas culturais, em que se constroem os sistemas de plantio e se aplicam as doses necessárias para o cultivo (OLIVEIRA JR. et al., 2006; SILVA; VIVIAN; OLIVEIRA JR., 2012). Poucas pesquisas visaram avaliar a interação do solo, das condições climáticas e dos herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas em áreas florestais, entretanto, deve-se ressaltar sua importância para estabelecer o manejo específico em cada condição de campo encontrada.

Nessa direção, este trabalho teve como objetivos avaliar: i) a interferência dos resíduos florestais no controle das plantas daninhas, na eficácia de diferentes herbicidas pré-emergentes e na atividade microbiana do solo; ii) a seletividade de diferentes herbicidas na cultura do eucalipto e na atividade microbiológica do solo e iii) relacionar a atividade microbiológica do solo com o efeito residual dos herbicidas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Interferência das plantas daninhas na cultura do eucalipto

Ganhos substanciais na produtividade do setor florestal foram constatados em diversos países quando as plantas daninhas foram efetivamente controladas nas plantações (WAGNER et al., 2006), o que reitera a ideia de que, se, em seu estágio inicial, a floresta apresenta heterogeneidade provocada pela competição com as plantas daninhas, pode haver consequências significativas em seu desenvolvimento, no longo prazo (GARAU et al., 2009).

A competição por luz, devido à sua importância na fase inicial de crescimento das mudas de eucalipto, além de restringir à fotossíntese sua fonte predominante de energia, pode causar o estiolamento das plantas jovens, as quais passam a apresentar pequena área foliar no topo dos caules relativamente longos (PITELLI; MARCHI, 1991). O diâmetro do colo e a altura, por exemplo, são diretamente afetados pela convivência das plantas daninhas com as plantas de eucalipto (TOLEDO, 2002; SILVA; ALVES; TOLEDO, 2012; GRAAT et al., 2015).

Nesse panorama, registra-se que a agressividade das plantas daninhas advém, principalmente, de fatores como o grande número de sementes, a germinação em diferentes épocas, os mecanismos de dispersão eficientes, as habilidades competitivas que suportam seu rápido crescimento e a eficácia da conversão de recursos em biomassa (SILVA; ALVES; TOLEDO, 2012).

Nessa direção, podem-se dividir as interferências das plantas daninhas, em áreas florestais, entre diretas e indiretas. Dentre as interferências diretas, destacam-se as competitivas, tais como, a redução de água no solo, de nutrientes absorvidos, de interceptação da luz (modalidade que mais impacta o crescimento) e as alelopáticas, ocorridas pelo fato de as plantas daninhas liberarem compostos tóxicos (PITELLI, 1987; PITELLI; MARCHI, 1991; MARCHI et al., 1995; GONGALVES et al., 2013). Quanto às interferências indiretas, se sobressaem os danos físicos, como, os causados por plantas daninhas trepadeiras, as lesões provocadas por métodos de controle daquelas plantas, a proteção às pragas, por tornarem-se material combustível em incêndios florestais e os danos operacionais, ao dificultar monitoramento e o controle de formigas cortadeiras (TOLEDO, 2002; ZANETTI et al., 2003). Uma vez estabelecido no campo, porém, o eucalipto é capaz de obter

água de maiores profundidades, quando comparado a maioria das plantas daninhas, reduzindo-se, assim, o impacto da competição (GONÇALVES et al., 2004).

Estudando a interferência das plantas daninhas na cultura do eucalipto, em diferentes regiões climáticas e tipos de solo, Marchi et al. (1995), Toledo et al. (2000), Tarouco et al. (2009), e Londero et al. (2012) obtiveram diversos resultados, após 365 dias de convivência entre ambas as plantas (Tabela 1).

Tabela 1 – Localidade, clima, solo, redução em altura e diâmetro de espécies de eucalipto sob interferência das plantas daninhas

Espécies	Cidade	Clima ⁽¹⁾	Solo ⁽²⁾	Redução		Fonte ⁽³⁾
				Altura	Diâmetro	
				—— % ——		
<i>E. grandis</i>	Ribeirão Preto	Cwa	LVd	28		1
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Três Lagoas	Aw	LVd	68	70	2
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Cerrito	Cfa	PVAd		61	3
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Candiota	Cfa	RLdh	26	36	4

⁽¹⁾ Classificação segundo Alvares et al. (2013); ⁽²⁾ Classificação segundo EMBRAPA (2013) LVd - Latossolo Vermelho distrófico, PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, RLdh - Neossolo Litólico Distrúmbico; ⁽³⁾ 1 - Marchi et al. (1995), 2 - Toledo et al. (2000), 3 - Tarouco et al. (2009), 4 - Londero et al. (2012)

Ao estudar os efeitos da densidade de plantas de *Panicum maximum* Jacq. (capim-colonião) sobre o desenvolvimento inicial do eucalipto, Dinardo et al. (2003) observaram, 190 dias após o transplante das mudas, reduções de 20% e 46% da altura e do diâmetro do colo, respectivamente, após a convivência com quatro plantas m⁻² de capim-colonião. Já ao conviver com 20 plantas m⁻² as reduções foram de 24% e 29% para altura e diâmetro do colo, respectivamente.

Em ensaio em que se utilizaram vasos preenchidos com solo de textura argilosa, dois clones de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em competição com cinco plantas daninhas *Urochloa decumbens* (capim-braquiária), *Ipomoea nil* (corda-de-viola), *Commelina diffusa* (trapoeraba), *Spermacoce latifolia* (erva-quente) e capim-colonião, Medeiros et al. (2016) observaram que os clones apresentaram diferenças quanto à capacidade de extração e de acúmulo de nutrientes, ao conviver com as plantas daninhas. A convivência com capim-colonião, por exemplo, causou redução na concentração de N da ordem de 29% em um dos clones testados, quando comparado à testemunha sem competição.

Tais estudos, ao apresentarem diferentes resultados para os efeitos da densidade de diferentes plantas daninhas na cultura do eucalipto e impactos variados conforme o genótipo, demonstram a importância das condições edafoclimáticas e da composição florística na adoção de melhores estratégias de manejo e de mais rigor no planejamento do controle de plantas daninhas, de acordo com o sítio de produção.

2.2 Comportamento no solo dos principais herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas utilizados nas áreas florestais

Durante o preparo de solo, sob cultivo mínimo, a simples movimentação do solo na linha expondo as sementes à luz, provoca mudanças nos teores de umidade, na temperatura, na composição e na estrutura do solo, podendo suprir as condições para certas espécies germinarem (SILVA et al., 2012). A maioria dos sistemas de produção no Brasil usam herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas na linha de plantio, uma vez que se sabe que, durante o período de estabelecimento da cultura, as plantas daninhas rapidamente captam recursos do ambiente (CHRISTOFFOLETI, 2008; SILVA; ALVES; TOLEDO, 2012).

Ao se utilizar herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas, que tem no solo seu destino principal, devem ser observados aspectos como: seletividade para a cultura, espectro de ação, efeito residual além do seu impacto ambiental. Ademais, conhecer as características físico-químicas e a estrutura molecular dos herbicidas, além dos fatores ambientais, como temperatura, umidade, tipo de solo e matéria orgânica também são fundamentais. Esse conjunto de características e a interação entre elas regem o comportamento dos herbicidas e subsidiam as estratégias para adequado manejo das plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI, 2008; GEBLER; SPADOTTO, 2008; CHRISTOFFOLETI et al., 2009; OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011).

Dentre as possíveis interações e reações que influenciam o comportamento dos herbicidas nos solos e que determinam sua eficácia e seletividade podem-se citar a sorção, a hidrólise, a lixiviação e a biodegradação (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

A sorção pode ser definida como a atração e a retenção de um composto nas partículas do solo e tem forte impacto na distribuição, na biodisponibilidade e na persistência de herbicidas no ambiente. Trata-se de um conceito geral que engloba os processos de adsorção, absorção, precipitação e partição hidrofóbica

(LAVORENTI; PRATA; REGITANO, 2003; GEBLER; SPADOTTO, 2008; CHRISTOFFOLETI et al., 2009; SILVA; VIVIAN; OLIVEIRA JR., 2012). Segundo Gebler e Spadotto (2008), a matéria orgânica do solo tende a dominar a sorção de muitos dos herbicidas não-ionizados, como é o caso do isoxaflutole, flumioxazin e oxyfluorfen.

Segundo Lavorenti, Prata e Regitano (2003); Gebler e Spadotto (2008); Silva, Vivian e Oliveira Jr. (2012), a hidrólise é a mais importante reação química de transformação, sendo influenciada, no solo, pelo valor do pH, pela temperatura, pela umidade do solo e pela sorção do composto. Em geral, essa transformação não é completa e é indispensável para as demais atividades de degradação que ocorrem no solo, como, a biodegradação.

Nesse processo, a lixiviação compreende o movimento descendente da fração do solo e dos dissolvidos na solução do solo, ambiente em que as condições de umidade e de temperatura têm papel relevante e, conseqüentemente, na eficácia do controle de plantas daninhas. Ademais, outras características do herbicida, tais como, sorção, solubilidade, intensidade da precipitação pluvial após aplicação e o sistema de manejo adotado também influenciam na profundidade da lixiviação. (GEBLER; SPADOTTO, 2008; CHRISTOFFOLETI et al., 2009),

No que tange à biodegradação, ela refere-se à transformação microbiológica de um composto químico orgânico em um produto mais simples, tornando-se o principal meio de dissipação dos herbicidas no ambiente (MUSUMECI, 1992; LAVORENTI; PRATA; REGITANO, 2003; CHRISTOFFOLETI et al., 2009; SILVA; VIVIAN; OLIVEIRA JR., 2012). Mais ativa na chamada zona de raízes, tem sua ação diminuída na medida em que o produto aprofunda no perfil (GEBLER; SPADOTTO, 2008; SILVA; VIVIAN; OLIVEIRA JR., 2012). Segundo Blanco e Blanco (1997); Lavorenti, Prata e Regitano (2003); Oliveira e Brighenti (2011), a adição de materiais orgânicos prontamente disponíveis e aplicações repetidas de um mesmo produto podem acelerar o processo de biodegradação, reduzindo-se consideravelmente sua persistência.

Segundo Teixeira et al. (2015), os herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas registrados para a cultura do eucalipto são o clomazone+carfentrazone, o oxyfluorfen, isoxaflutole, a pendimetalina, sulfentrazone e o flumioxazin, dentre os quais, pode-se destacar:

Isoxaflutole

Recomendado para aplicação em pré-emergência ou pós-emergência inicial das plantas daninhas, o isoxaflutole atua, tanto sobre as gramíneas, quanto sobre algumas dicotiledôneas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Além disso, o isoxaflutole é considerado um pró-herbicida, já que se torna ativo após a hidrólise, caso em que o controle se realiza por meio da diquetonitrila (DKN), seu metabólito ativo (TAYLOR-LOVELL et al., 2000). Como resultado dessa ação, há, dentro da planta, uma redução de carotenóides e a ausência de cloroplasto, causando a perda de pigmentação dos tecidos foliares que emergirem (PALLETT et al., 1998, 2001).

Dentre as características físico-químicas importantes para seu efeito residual citam-se: a não ionização da molécula, a adsorção moderada e a baixa solubilidade (PALLETT et al., 2001). Mitra, Bhowmik e Xing (2000) relataram que a sorção, tanto do isoxaflutole, quanto do DKN são maiores em solos com altos teores de matéria orgânica, uma vez que há diminuição na disponibilidade e, conseqüentemente, no potencial de lixiviação nos solos.

A absorção pelas raízes é regulada através da umidade do solo. De característica hidrofóbica, o isoxaflutole mantém-se adsorvido à matéria orgânica do solo, até que uma precipitação pluvial ocorra e, uma vez convertido em DKN, torna-se mais disponível para absorção das plantas e para a biodegradação. Em condições de seca, o isoxaflutole persiste na superfície do solo, resultando no controle de plantas daninhas por um período maior de tempo (TAYLOR-LOVELL et al., 2000; PALLETT et al., 2001; TAYLOR-LOVELL; SIMS; WAX, 2002; SIMS et al., 2009).

Sulfentrazone

Utilizado em pré-emergência das plantas daninhas, o sulfentrazone atua sobre as monocotiledôneas e sobre as dicotiledôneas (REDDY; LOCKE, 1998). Pertencente ao grupo de herbicidas inibidores da PROTOX, age na planta provocando a peroxidação dos lipídeos das membranas, levando a célula à morte e as plantas suscetíveis a emergirem, tornando-se necróticas e morrendo quando expostas à luz (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Dentre as características físico-químicas importantes para seu efeito residual citam-se o fato de constituir uma molécula ionizável (pK_a : 6,56), com adsorção baixa em pH maiores que o pK_a , o fato de ser medianamente lipofílico (moderada lixiviação), de possuir média solubilidade e, também, ser de degradação microbiana essencialmente (GREY et al., 1997, 2000; GEBLER; SPADOTTO, 2008; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Em solos com baixo pH em relação ao seu pK_a e com elevados teores de matéria orgânica e argila, há uma tendência ao aumento da sorção e diminuição de sua mobilidade. (GREY et al., 2000; SZMIGIELSKI et al., 2009). O aumento de temperatura tem efeitos significativos sobre sua degradação microbiana, seu principal meio de dissipação. (MARTINEZ et al., 2008a, 2008b).

Flumioxazin

O herbicida flumioxazin é aplicado para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas em pré-emergência (TIBURCIO et al., 2012) e atua sobre plantas suscetíveis também ao oxyfluorfen e ao sulfentrazone (todos do mesmo grupo de inibidores da PROTOX). Sua aplicação peroxida os lipídeos, o que destrói as membranas celulares e mata as plantas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

As características físico-químicas fundamentais para seu efeito residual consistem em sua não ionização, no fato de ser fracamente adsorvido, de ser muito lipofílico, de possuir baixa solubilidade e de degradação microbiana, principalmente, podendo sofrer fotodegradação (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011; FERREL; VENCILL, 2003).

Sua adsorção é dependente e proporcional à quantidade de matéria orgânica, ao conteúdo e ao tipo de argila. Sua dessorção e lixiviação determinam-se pela umidade do solo e pelo intervalo de tempo entre a aplicação e a primeira precipitação pluvial (FERREL et al., 2005; ALISTER et al., 2008). Em condições controladas, Ferrel e Vencill (2003) e Ferrel et al. (2005) observaram que a temperatura tem pouca influência sobre a degradação do flumioxazin em solos de textura média e arenosa.

Oxyfluorfen

O oxyfluorfen aplica-se, usualmente, em pré-emergência ou pós-emergência inicial das plantas daninhas, controlando as monocotiledôneas e as dicotiledôneas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Sua atuação em plantas suscetíveis é semelhante à do sulfentrazone e do flumioxazin, causando a peroxidação de lipídeos, a destruição das membranas celulares e a morte das plantas (ALISTER et al., 2009; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

As características físico-químicas importantes para sua atividade residual constituem a não ionização da molécula, o fato de ser fortemente adsorvido, de ser extremamente lipofílico, imóvel e fotodegradável (SONDHIA, 2010; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

O oxyfluorfen tem sua dinâmica determinada, principalmente, pela quantidade e pelo intervalo de tempo da primeira precipitação pluvial após sua aplicação. Ademais, a umidade e a temperatura podem influenciar na sua meia-vida (ALISTER et al., 2009). Já sua degradação dá-se por meio, essencialmente, da fotólise, por isto, seu período residual reduz-se na ausência de precipitação pluvial quando exposto sobre os resíduos vegetais (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

2.3 Influência dos resíduos vegetais na ação dos herbicidas no solo

O sistema de cultivo mínimo prevê a manutenção dos resíduos vegetais (da cultura e de plantas daninhas) que recobrem parte significativa do solo e também seu revolvimento reduzido, o qual se restringe à linha de plantio (ZEN; YONEZAWA; FELDEBERG, 1995; GONÇAVES et al., 2002). Segundo estimativas, mais de 85% das plantações florestais estão estabelecidas sob esse sistema de cultivo (GONÇALVES et al., 2013).

Nos povoamentos florestais, a manutenção dos resíduos florestais (serapilheira, toco, galhos, ponteiros, folhas) sobre o solo têm efeitos positivos na conservação da água, na disponibilidade de nutrientes e na regulação térmica diária e sazonal (GONÇALVES et al., 2002). Ademais, desempenham importante papel na germinação das plantas daninhas, visto que interferem no processo de quebra de dormência das sementes, interceptando os raios solares e, conseqüentemente,

influenciando a luminosidade, a temperatura e a umidade do solo, bem como, na ação alelopática sobre a germinação e sobre o desenvolvimento das plantas (PITELLI, 1987; ALMEIDA, 1991).

O controle das plantas daninhas em área de implantação ou reforma florestal sob cultivo mínimo devem priorizar a remoção dos propágulos vegetativos e a redução do banco de sementes das plantas daninhas (GONÇALVES et al., 2013), o qual contém entre duas mil e 50 mil sementes m^{-2} em dez centímetros de profundidade de um solo agrícola (SILVA et al., 2012).

Em experimento instalado em campo, com o objetivo de avaliar os efeitos da cobertura do solo com a palha de cana-de-açúcar sobre a emergência de guanxuma (*Sida rhombifolia*), *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa* L (picão-preto) e *Ipomoea grandifolia*, Martins et al. (1999) observaram que a presença da palha sobre o solo reduziu a emergência da guanxuma. Este efeito foi diretamente proporcional à quantidade de palha. Com a remoção da cobertura do solo, houve a emergência de plântulas daquela espécie, devido à superação da dormência causada ou mantida pela cobertura morta. Para *E. heterophylla*, as diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar não impediram a germinação das sementes. Entretanto, após sua retirada, houve mais germinação nos tratamentos que apresentaram as maiores quantidades de palha (10 e 15 t ha^{-1}), possivelmente, em razão da quebra da dormência ter se dado pelos contrastes de luz ou temperatura, tendo ocorrido o mesmo com a *I. grandifolia*. Para o picão-preto, houve aumento da emergência das plantas na presença da cobertura morta com palha de cana nas quantidades de dois a seis t ha^{-1} ; na quantidade de 15 t ha^{-1} inibiu a emergência, o mesmo sendo observado com a *I. grandifolia*. Com a retirada da cobertura de palha, a emergência das plântulas ocorreu em todos os tratamentos.

Como o solo constitui o destino final dos produtos químicos usados na agricultura, sejam eles aplicados diretamente nele, sejam na parte aérea das plantas ou sobre resíduos vegetais, ao entrar em contato com o seu destino, estão sujeitos a processos físico-químicos que regulam sua relação com o ambiente (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011). Alguns herbicidas ficam mais retidos nos resíduos vegetais, do que outros, o que pode se relacionar às suas características físico-químicas, à quantidade e à origem dos resíduos, bem como, à intensidade e à época da ocorrência de precipitações pluviais, após aplicação dos produtos (CHRISTOFFOLETI et al., 2009). Além disso, o cultivo mínimo nas áreas florestais,

assim como, o sistema de cana-crua, podem ocasionar aumento no teor de matéria orgânica do solo, em razão do grande acúmulo de resíduos vegetais. Esse acréscimo pode causar aumento da sorção de herbicidas no solo, limitando a eficácia do controle e exigindo maiores doses, o que acaba elevando o custo do tratamento, além de ampliar a ocorrência de problemas ambientais (FERREIRA et al., 2010).

Segundo estudos de Rodrigues (1993) sobre a influência da palha do trigo no comportamento de dois herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da soja, a origem e a quantidade da cobertura morta podem influir na capacidade de um herbicida residual atingir o solo no sistema de plantio direto. Como demonstrou o estudo de Simoni et al. (2006), fatores como a quantidade e a época das precipitações pluviais que ocorrem após a aplicação, a solubilidade em água e a volatilidade exercem grande influência na retenção dos herbicidas pela palha.

Monquero et al. (2007), em estudo realizado em campo, com o objetivo de avaliar a eficácia de diferentes herbicidas para controle de *E. heterophylla* aplicados sobre quantidades crescentes de palha, concluíram que a porcentagem de controle desta planta daninha por todos os herbicidas testados, apresentou-se muito baixa (de 30% a 60%) no tratamento com 20 t de palha por hectare. A própria palha foi eficiente na supressão desta espécie já que na medida em que se aumentou a quantidade de palha, o número de plantas emergidas foi menor.

Outro importante papel da manutenção dos resíduos florestais nas entrelinhas de plantio está em manter, ou mesmo, elevar a atividade biológica do solo, grande responsável pela ciclagem de carbono e de nutrientes essenciais para as árvores e pela degradação dos herbicidas. A manutenção dos resíduos garante, não apenas, a maior disponibilidade de substrato para os microrganismos, como também, reduz as perdas d'água por evaporação e a ação direta da radiação solar, mantendo o ambiente em temperatura e umidade mais adequadas a sua sobrevivência e sua multiplicação (PRATA; LAVORENTI, 2000; GONÇALVES et al., 2002).

2.4 Influência dos herbicidas nos microrganismos

As características microbiológicas de um solo são consideradas como indicadores de sua qualidade dada a sua sensibilidade. Deste modo, um solo de alta qualidade possui intensa atividade microbiológica e populações microbianas

balanceadas (TÓTOLA; CHAER, 2002; FORTES NETO; FERNANDES; JAHNEL, 2007).

O herbicida ideal é aquele que, ao ser aplicado, cumpra seu objetivo e seja degradado rapidamente a produtos como CO₂, água, produtos orgânicos e inorgânicos mais simples (FORTES NETO; FERNANDES; JAHNEL, 2007). Em contrapartida, os defensivos agrícolas, de forma geral, alteram o balanço ecológico em benefício da agricultura quando se destinam à eliminação de espécies indesejadas, como, por exemplo, as plantas daninhas. Sendo assim, é pouco provável que os herbicidas aplicados em pré-emergência das plantas daninhas não afetem os microrganismos do solo tal como eles afetam a persistência de alguns herbicidas no solo (MUSUMECI, 1992; SOUZA et al., 1996; LAVORENTI; PRATA; REGITANO, 2003).

Dada a variabilidade na composição química dos herbicidas e os diferentes sistemas enzimáticos dos microrganismos e exigências nutricionais, há também grande variabilidade nos resultados da biodegradação. Ao ser aplicado no solo, o herbicida sofre uma pequena degradação, o que corresponde a um período de adaptação dos microrganismos ao novo substrato. Após esse período, a população microbiana aumenta, acelerando o processo de degradação (SOUZA et al., 1996).

Silva et al. (2014) estudaram o impacto da aplicação de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen sobre atividade microbiana de dois solos florestais com diferentes características físicas e químicas. Em condições de casa de vegetação, a taxa respiratória dos microrganismos aos 5 DAA dos tratamentos não apresentou diferenças em relação à testemunha no solo de textura argilosa. Aos 20 DAA em todos os tratamentos no solo de textura argilosa ocorreu aumento da taxa respiratória. Aos 70 DAA, houve queda na respiração microbiana em todos os tratamentos, exceto na testemunha em solo argiloso e, segundo os autores, essa queda evidenciou ação tóxica dos produtos no decorrer do tempo ou pode ter evidenciado, também, a lixiviação dos herbicidas causada pelas irrigações diárias.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi instalado no município de Capão Bonito, SP (coordenadas 23° 58' 9"S e 48° 14' 56'O). Trata-se de uma região de clima Cfa, segundo classificação Köppen, caracterizado por estações de verão e inverno bem definidas e com a ocorrência de precipitação pluvial durante todos os meses do ano inexistindo uma estação seca definida. Sua precipitação pluvial média é de 1339 mm (ALVARES et al., 2014). Os dados de precipitação pluvial e temperatura foram coletados durante o período do experimento e a precipitação acumulada no período foi de 1039 mm (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação pluvial e temperaturas médias na área do experimento (Ago.2015 à Jan.2016)

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2013), textura argilosa, possuindo alto teor de matéria orgânica, alta capacidade de troca catiônica e baixo teor de soma de bases (GONÇALVES, 2011). Seus atributos químicos e físicos foram analisados antes da instalação do experimento nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Características químicas do solo sob o experimento

Profundidade	M.O. ⁽¹⁾	pH ⁽²⁾	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB ⁽³⁾	T ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾
cm	g dm ⁻³		mg dm ⁻³							%
0-10	33	3,9	4	0,8	1,0	1,6	118	3	121	3
10-20	29	4,0	5	0,6	0,7	1,6	118	3	121	2
20-40	28	4,0	5	0,9	0,7	1,4	107	3	109	3
40-60	26	4,0	5	0,8	0,8	0,7	91	2	93	2

⁽¹⁾ Matéria orgânica; ⁽²⁾ CaCl₂ ⁽³⁾ Soma de bases; ⁽⁴⁾ Capacidade de troca catiônica; ⁽⁵⁾ Saturação de bases

Tabela 3 - Características físicas do solo sob o experimento

Profundidade	Argila	Silte	Areia Total
cm		%	
0-10	74	10	16
10-20	73	12	15
20-40	73	12	15
40-60	73	11	16

Os resíduos florestais da colheita do ciclo florestal anterior foram amostrados na área do experimento no dia anterior à aplicação dos tratamentos com o auxílio de um coletor circular metálico com 30cm de diâmetro. Foram coletadas 10 amostras de forma aleatória, posteriormente, secas em estufa, peneiradas, tendo sido medida sua massa (o solo aderido aos resíduos e serapilheira foi cuidadosamente retirado), resultando em 27 t ha⁻¹ de resíduos.

Realizou-se levantamento fitossociológico na área experimental anteriormente à instalação do experimento, segundo método descrito por Toledo et al. (2003), Tuffi Santos et al. (2004); Kuva et al. (2008). Utilizou-se um quadrado amostral de 0,25 m² lançado ao acaso 17 vezes, resultando em 4,25 m² de área amostrada. A cada lançamento, as espécies encontradas dentro do quadrado foram identificadas.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 7 x 2, sendo sete tratamentos e dois níveis para o fator posição (linha e entrelinha de plantio) com cinco repetições (Tabela 4), totalizando 35 parcelas. Cada parcela possuía quatro linhas e quatro entrelinhas de plantio de 10 m de comprimento, totalizando 120 m² por parcela. Considerou-se, como área útil da parcela, três linhas com oito m de comprimento (12 plantas ao todo) para todas as avaliações.

Todas as linhas de plantio do experimento estavam com o solo exposto após preparo de solo. Denominou-se, então, testemunha sem resíduo as parcelas com as entrelinhas de plantio limpas após a retirada dos resíduos florestais com o emprego de enxada e rastelo; testemunha com resíduo as parcelas com as entrelinhas de plantio sem a remoção dos resíduos florestais e, testemunha com controle, semelhante ao processo da testemunha com resíduo, mas com capina química das plantas daninhas durante o período de avaliação. Os demais tratamentos possuem área semelhante à da “testemunha com resíduo” com doses de herbicidas aplicados na pré-emergência das plantas daninhas recomendadas por Rodrigues e Almeida (2011).

Tabela 4 - Descrição dos tratamentos, concentração e dosagem aplicadas dos ingredientes ativos

Tratamentos	Sigla	Concentração i.a. ⁽¹⁾	Dose i.a. ⁽¹⁾	Resíduo	
		— g kg ⁻¹ —	— g kg ⁻¹ —	LIN ⁽²⁾	ENT ⁽³⁾
Testemunha sem resíduo	TSR	0	0	não	não
Testemunha com resíduo	TCR	0	0	não	sim
Testemunha com controle	TCC	0	0	não	sim
Isoxaflutole	IFT	750	150	não	sim
Sulfentrazone	SUL	500*	600	não	sim
Flumioxazin	FLU	500	90	não	sim
Oxyfluorfen	OXY	240*	960	não	sim

⁽¹⁾ ingrediente ativo; ⁽²⁾ Linha; ⁽³⁾ Entrelinha; * concentração em g L⁻¹

3.3 Instalação e condução do experimento

As linhas de plantio da área experimental foram subsoladas a 50 cm de profundidade e, em se tratando de área de cultivo mínimo, as entrelinhas de todos os tratamentos, exceto “testemunha sem resíduo”, permaneceram com resíduos florestais. A calagem foi realizada com e a fertilização de plantio (220 kg ha^{-1} da fórmula NPK 12-20-16 + 2%S + 2%Ca + 0,4%B + 0,2%Cu + 0,2%Zn) foi a mesma para todos os tratamentos.

Realizou-se a dessecação das plantas daninhas em área total, 19 dias antes da instalação do experimento, quando houve nova aplicação de glyphosate, cinco dias antes da instalação na dose de 1440 g ha^{-1} de equivalente ácido (e.a.) e volume de calda de 200 L ha^{-1} .

A instalação do experimento foi realizada no dia 17 de agosto de 2015 das 10:50 às 13 h com céu aberto. No momento da aplicação dos herbicidas, as condições climáticas apresentavam-se da seguinte forma: temperatura de 23°C , umidade relativa do ar de 38%, velocidade do vento entre 0,1 e $8,0 \text{ km h}^{-1}$, umidade do solo de 25% a 20 cm de profundidade. Na aplicação, utilizou-se um pulverizador costal manual com pressão constante (200 kPa), propelido à CO_2 , com seis pontas de jato tipo “leque” TTI110015 VP, espaçadas 0,5 m, calibrado para um consumo de calda proporcional a 200 L ha^{-1} .

O plantio foi realizado dia 20 de agosto de 2015 com híbrido *E. urophylla* x *grandis* em espaçamento 3 x 2 m. Aos 90 dias após aplicação (DAA) dos tratamentos foi realizado o controle químico com glyphosate e equipamento costal nas parcelas do tratamento “TCC” na dose de $1440 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ e volume de calda de 200 L ha^{-1} .

3.4 Eficácia do controle de plantas daninhas

A fim de determinar a densidade de indivíduos da comunidade infestante, realizou-se, aos 150 DAA, um levantamento fitossociológico. Na área útil de cada parcela experimental foram instalados seis quadrados amostrais permanentes de $0,25 \text{ m}^2$, dos quais três na linha e três na entrelinha de plantio. Foram consideradas para avaliação da ação dos herbicidas as plantas daninhas emergidas com

densidade igual ou superior a 10 plantas m^{-2} e, para o cálculo de densidade, usou-se a eq. (1) por Nkoa, Owen e Swanton (2015), descrita abaixo.

$$Densidade = \frac{\text{quantidade de indivíduos}}{m^2} \quad (1)$$

A fim de definir a eficácia do controle das plantas daninhas, realizaram-se avaliações visuais em cada parcela aos 15, 30, 45, 90 e 150 DAA dos tratamentos, conforme descrito por Nkoa, Owen e Swanton (2015). Nessas avaliações se comparou o grau do controle (cobertura do solo livre das plantas daninhas) exercido pelo herbicida e pelos resíduos florestais com a “testemunha com controle” atribuindo valores de 0% de controle à “ausência de controle” e, 100%, ao “controle total”. Ademais, definiu-se, como controle satisfatório, o valor igual ou acima a 80%. A Tabela 5 foi utilizada como padronização para as avaliações visuais.

Tabela 5 - Descrição dos níveis de controle para definir as porcentagens de controle alcançadas, adaptado de ALAM (1974)

% de Controle	Descrição dos níveis de controle
91-100	Nenhuma ou quase nenhuma planta daninha na parcela
81-90	Plantas daninhas em menos de 20% da área e pequeno porte (até 10 cm de altura)
71-80	Plantas daninhas em até 30% da área e de pequeno porte (até 10 cm de altura)
61-70	Plantas daninhas em até 40% da área e que operacionalmente receberiam uma recomendação de controle
41-60	Plantas daninhas em até 60% da área
0- 40	Plantas daninhas em mais de 60% da área da parcela

3.5 Inventário Florestal

Realizou-se o levantamento da mortalidade, a medição das alturas e do diâmetro do colo em todas as árvores dentro da área útil das parcelas (12 árvores), aos 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias, após a instalação do experimento, a fim de mensurar a interferência das plantas daninhas no desenvolvimento das mudas. As medições de altura e diâmetro do colo foram realizadas com régua dendrométrica e paquímetro digital, respectivamente.

Visualmente, avaliaram-se possíveis alterações morfológicas, de crescimento e de coloração que pudessem ser caracterizadas como efeitos fitotóxicos do herbicida utilizado, baseando-se em critérios qualitativos conforme a escala de notas da European Weed Research Council - EWRC (1964) adaptada para eucalipto por Nicolai e Christoffoleti (2011, informação não publicada) (Tabela 6).

Tabela 6 - Escala de notas e respectivos sintomas visuais de fitotoxicidade

Nota	Descrição do sintoma
1	Ausência de sintomas
2	Leves injúrias cloróticas/alterações na pigmentação
3	Injúrias cloróticas e necróticas (borda de folhas)
4	Injúrias cloróticas e redução de crescimento
5	Injúrias cloróticas e necróticas (folhas e ramos) e redução de crescimento
6	Redução de crescimento e superbrotção de ponteiro
7	Injúrias cloróticas e necróticas (folhas e ramos) e redução de crescimento + superbrotção do ponteiro – leve
8	Injúrias cloróticas e necróticas (folhas e ramos) e redução de crescimento+ superbrotção do ponteiro – intenso
9	Injúrias cloróticas e necróticas (folhas e ramos) e redução de crescimento+ superbrotção do ponteiro – generalizado

3.6 Atividade microbiológica no solo

As amostras de solo foram coletadas antes da aplicação dos tratamentos e aos 30, 45 e 90 DAA na camada de 0-5 cm na linha e na entrelinha de plantio, em todos os blocos e tratamentos, exceto no TCC.

A quantificação da respiração microbiana realizou-se segundo método proposto por Alef e Nannipieri (1995) (adaptado), descrito abaixo. A medição da liberação de CO₂ pela população microbiana é um método utilizado para avaliar efeitos dos pesticidas na atividade biológica do solo (MUSUMECI, 1992).

Na etapa do processamento, as amostras foram deixadas em temperatura ambiente e, então, peneiradas ainda úmidas em malha de 2 mm. Ademais, determinou-se o peso seco e a capacidade de campo. De cada amostra, 100 g

foram separados e tiveram sua umidade ajustada para 60% da capacidade de campo, sendo colocados em potes de vidro de capacidade de 1 L, com tampa. Aos potes, acresceu-se um copo plástico (100 mL) contendo 10 mL de hidróxido de sódio (NaOH) $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, sendo posteriormente fechados hermeticamente, mantidos em temperatura controlada e penumbra. O dióxido de carbono desprendido foi amostrado aos 1, 4, 7, 14 e 28 dias após a incubação do solo. Em cada data de avaliação substituiu-se o copo com a solução de NaOH por outro com 10 mL da mesma solução. Ao NaOH do copo retirado foi então adicionado 1 mL de solução saturada de cloreto de bário (BaCl_2) (aproximadamente $1,8 \text{ mol L}^{-1}$), para precipitar todo o CO_2 reagido com o NaOH, e duas gotas de fenolftaleína como indicador. A mistura foi titulada com HCl $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ até a viragem, anotando-se o volume gasto. O mesmo procedimento descrito anteriormente foi utilizado para os potes sem adição de solo (branco). A fim de se determinar a quantidade de CO_2 desprendido devido à atividade microbiológica foi utilizada a eq. (2).

$$mg \text{ de } CO_2 \text{ g}^{-1} \text{ de solo} = \frac{(V_{NaOH} - V_{HCl})_{amostra} - (V_{NaOH} - V_{HCl})_{branco} * 44}{4 * \text{Peso seco amostra}} \quad (2)$$

Em que:

V_{HCl} = volume gasto na titulação (mL)

V_{NaOH} = volume de base no pote (mL)

44 = massa molar do CO_2

Para descrever o comportamento da respiração microbiológica na linha de plantio foi utilizado um modelo exponencial simples apresentado por Mazucheli e Achcar (2002) (eq.3).

$$CO_2 = a \cdot e^{-bt} \quad (3)$$

Em que:

CO_2 = mg de $\text{CO}_2 \text{ g}^{-1}$ de solo

a, b = constantes

t = dias após aplicação

3.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade da variância e, quando indicado, transformaram-se os dados segundo método de Box-Cox. Atendida essa suposição, realizou-se a análise de variância pelo teste F ($\alpha=0,1$).

Para a análise da eficácia do controle e da atividade microbiológica, as fontes de variação foram determinadas pelas diferentes épocas de avaliação, pelos blocos, pelos tratamentos, pela posição (linha e entrelinha de plantio) e pela interação entre épocas de avaliação e tratamentos, épocas de avaliação e posição, tratamentos e posição e de avaliação, tratamentos e posição. Seu desdobramento, assim, realizou-se quando houve diferença significativa das interações.

Para a análise do crescimento das plantas, as fontes de variação utilizadas foram as diferentes épocas de avaliação, de blocos, de tratamentos e a interação entre épocas de avaliação e tratamentos. Assim, seu desdobramento foi realizado quando houve significância da interação.

Em todas as significâncias foi aplicado o teste Tukey para estimar a diferença mínima significativa e a comparação de médias ao nível de 10% de probabilidade.

As constantes da equação que descreve o comportamento da respiração microbiológica foram estimadas com o uso do software SigmaPlot 11.0. Além disso, utilizou-se o programa estatístico SAS 9.3 for Windows a fim de realizar as demais análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição da comunidade infestante

No levantamento fitossociológico realizado 30 dias antes da instalação do experimento, as principais espécies encontradas foram a *Spermacoce latifolia* Aubl. (erva-quente), a *Bidens pilosa* L (picão-preto), a *Conyza canadenses* (L.) Cronquist (buva), a *Sida rhombifolia* L. (guanxuma), a *Sonchus* sp e a *Brachiaria* spp.

Aos 150 DAA dos herbicidas, as principais espécies encontradas foram: erva-quente, *Commelina benghalensis* L. (trapoeraba), *Pennisetum setosum* (Sw.) Rich. (capim-oferecido), guanxuma e picão-preto em número inferior a 10 plantas m⁻². Nesse panorama, a densidade de plantas daninhas variou de acordo com a espécie (Tabela 7).

Constatou-se, também, que a erva-quente ocorreu em todos os tratamentos. Trata-se de uma espécie de difícil controle e cada vez mais frequente nas áreas de florestamento (COSTA et al., 2002). Plantas de eucalipto podem ter diminuição de até 10% em altura aos 75 dias após plantio, ao conviverem com 20 plantas de erva-quente por m² e para o diâmetro do caule a redução foi de 17% na densidade de 40 plantas de erva-quente por m² (COSTA; ALVES; PAVANI, 2004a).

A trapoeraba apareceu em todos os tratamentos em menor quantidade do que a erva-quente (Tabela 7), porém, segundo Costa, Alves e Pavani (2004b), apenas quatro plantas de trapoeraba são suficientes para reduzir em 22% a altura do eucalipto, após 40 dias de convivência pós-plantio, e 25% no diâmetro do colo de plantas de eucalipto, após 20 dias de convivência pós-plantio.

O capim-oferecido apareceu em todos os tratamentos na entrelinha de plantio. As condições de temperatura, umidade e luz obtidas com a presença dos resíduos florestais devem ter sido favoráveis à germinação daquela planta daninha, uma espécie perene, que se reproduz por sementes e rizomas. É frequentemente encontrada nas culturas de algodão, milho e sorgo, e pode ser usada para a renovação da pastagem (LORENZI, 2006; AGROFIT, 2016).

A guanxuma apareceu nos tratamentos IFT e OXY, apenas na entrelinha de plantio (Tabela 7). Trata-se de uma planta daninha comum em áreas de pastagem, lavouras de soja, pomares e culturas anuais, é perene e altamente competitiva (LORENZI, 2006; AGROFIT, 2016).

Tabela 7 - Densidade de plantas daninhas aos 150 dias após a aplicação dos herbicidas nos diferentes tratamentos.

Tratamento ⁽¹⁾	Plantas daninhas				Desvio padrão da média
	BOILF ⁽⁴⁾	COMBE	PESSE	SIDRH	
	planta m ⁻²				
	Linha				
TSR	24	11	0	0	19
TCR	25	14	0	0	10
IFT	22	<10	0	0	17
SUL	10	<10	0	0	12
FLU	<10	<10	0	0	8
OXY	0	0	0	0	-
	Entrelinha				
TSR	58	21	27	0	33
TCR	38	13	18	0	10
IFT	66	21	<10	16	25
SUL	77	0	<10	0	32
FLU	45	11	<10	0	26
OXY	45	<10	<10	<10	16

⁽¹⁾ TSR: testemunha sem resíduo; TCR: testemunha com resíduo; IFT: isoxaflutole; SUL: sulfentrazone; FLU: flumioxazin; OXY: oxyfluorfen. ⁽⁴⁾ BOILF: erva-quente; COMBE: trapoeraba; PESSE:capim-oferecido; SIDRH: guanxuma. Dados médios de cinco repetições.

O TCR apresentou, em média, 35% menos plantas das espécies listadas na entrelinha de plantio do que o TSR. A grande quantidade de resíduos florestais neste tratamento (27 t ha⁻¹) o tornou menos adequado à germinação das plantas. A retirada dos resíduos florestais no TSR, por outro lado, favoreceu a germinação de sementes de diferentes espécies (Tabela 7).

No IFT, comparativamente, ao TCR, houve controle da erva-quente e da trapoeraba na linha de plantio (Tabela 7). A eficácia do isoxaflutole no controle de plantas daninhas foi afetada pela presença dos resíduos florestais, exceto para o capim-oferecido. Segundo Lorenzi (2006) e Rodrigues e Almeida (2011), quando se aplica o isoxaflutole em condições ambientais adequadas (temperatura e umidade) controla-se entre 50% e 85% de trapoeraba entre as plantas daninhas ocorrentes.

Já o sulfentrazone controlou as plantas daninhas de forma mais eficiente na linha de plantio, se comparada à entrelinha (Tabela 7). A alta emergência de erva-quente na entrelinha de plantio evidencia a interferência dos resíduos florestais na atividade

residual daquele herbicida. O sulfentrazone controla todas as espécies de plantas daninhas ocorrentes quando aplicado em solo úmido e livre de torrões (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011)

O flumioxazin controlou as plantas daninhas na linha e na entrelinha de plantio, exceto a erva-quente na entrelinha de plantio (Tabela 7). Esta baixa eficácia, se comparada ao TCR, demonstrou que a atividade residual daquele herbicida foi menor sob efeito dos resíduos florestais, assim como, com o uso de sulfentrazone. A erva-quente, em casa de vegetação, se mostrou sensível ao flumioxazin em solo argiloso, independentemente, da dose testada (JAREMTCHUK et al., 2009). Sob condições ambientais adequadas, todas as espécies, exceto o capim-oferecido, foram suscetíveis ao flumioxazin (LORENZI, 2006).

Somente o oxyfluorfen controlou as quatro espécies de maior densidade na linha de plantio, aos 150 DAA (Tabela 7). Assim como os demais herbicidas, o oxyfluorfen, quando comparado ao TCR, teve sua ação afetada pela presença dos resíduos florestais no controle da erva-quente. Todas as espécies listadas são suscetíveis a ele (LORENZI, 2006; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

4.2 Eficácia do controle das plantas daninhas

4.2.1 Efeito dos resíduos florestais

Na avaliação visual de controle dos 150 DAA de herbicidas na entrelinha de plantio, houve maior controle das plantas daninhas no tratamento em que se retiraram os resíduos florestais (TSR) comparativamente à entrelinha com resíduos florestais (TCR) (Tabela 8). Nas demais avaliações feitas com menos DAA não houve diferença entre os tratamentos. Esta maior eficácia de controle das plantas daninhas aos 150 DAA no TSR se pode justificar pelo método empregado na retirada dos resíduos florestais que, em algumas parcelas, pode ter removido parcialmente o banco de sementes.

Segundo Ferreira et al. (2010), os três fatores principais que potencializam o efeito da cobertura morta de cana-de-açúcar sobre as plantas daninhas constituem a quantidade, a densidade e a uniformidade de distribuição de palha. O aumento da quantidade de palha diminui a densidade de todas as plantas daninhas. Entretanto os efeitos daqueles fatores não puderam ser comprovados neste estudo, o que

reforça a hipótese de que a retirada dos resíduos pode ter diminuído o número de sementes viáveis e, conseqüentemente, diminuído a infestação nas parcelas do TSR aos 150 DAA.

Tabela 8 - Controle das plantas daninhas nos tratamentos com (TCR) e sem (TSR) resíduos florestais na entrelinha de plantio

Tratamento ⁽¹⁾	Dias após a aplicação				
	15	30	45	90	150
%					
Linha					
TSR	100 A	100 A	85 (7,6)	62 A (7,5)	25 A (10)
TCR	100 A	100 A	86 (5,2)	63 A (5,7)	24 A (16,3)
CV (%)	-	-	8,3	10,8	18,8
Entrelinha					
TSR	100 B (0,4)	99 B (1,8)	86 (5,1)	43 B (6,7)	19 B (7,4)
TCR	99 C (0,8)	97 B (2,5)	85 (4,87)	43 B (10,9)	10 C (3,5)
CV (%)	0,4	1,1	6,4	19,3	20,4

⁽¹⁾ TSR: testemunha sem resíduos florestais na linha e na entrelinha de plantio; TCR: testemunha sem resíduos florestais na linha de plantio e com resíduos na entrelinha; LIN: linha; ENT: entrelinha. Média de cinco repetições. *Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si segundo teste Tukey com 10% de significância. O número entre parênteses é o desvio padrão da média.

4.2.2 Efeito dos herbicidas

Aos 15 e 30 DAA dos herbicidas não houve diferença entre os tratamentos e a testemunha na linha de plantio (Tabela 9). Nestas condições, o melhor momento para a aplicação de herbicidas visando o controle em pré-emergência das plantas daninhas é aos 27 dias após plantio (30 DAA deste experimento); a subsolagem promoveu o deslocamento do banco de sementes de plantas daninhas no solo, fazendo com que muitas sementes, antes depositadas na superfície do solo, fossem enterradas, atrasando ou impedindo sua germinação, o que contribuiu para o total controle das plantas daninhas em todos os tratamentos (PITELLI, 1987).

Aos 45 DAA, todos os tratamentos permaneceram com nível de controle satisfatório (acima dos 80%). O mesmo ocorreu aos 90 DAA nos tratamentos com aplicação de flumioxazin e oxyfluorfen (Tabela 9).

Os melhores resultados foram obtidos com o flumioxazin e o oxyfluorfen aos 150 DAA (Tabela 9), já que ambos controlaram, respectivamente, 20% e 19% a mais que

ao TCR. Todavia o controle efetuado por aqueles herbicidas ainda ficou abaixo do satisfatório, 80%. O isoxaflutole e o sulfentrazone não apresentaram diferenças quando comparados ao TCR (Tabela 9).

Tabela 9 - Controle das plantas daninhas na linha de plantio - sem resíduo florestal - nos diferentes tratamentos

Tratamento ⁽¹⁾	Dias após a aplicação				
	15	30	45	90	150
	%				
TCR	100	100	86 B (5,2)	63 B (5,7)	24 B (16,3)
IFT	100	100 (0,9)	86 B (4,7)	63 B (5,6)	30 AB (18,7)
SUL	100	100	96 A (8,9)	75 A (11,2)	27 B (12,0)
FLU	100	100	100 A	85 A (6,1)	44 A (13,4)
OXY	100	100	97 A (6,7)	83 A (8,4)	43 A (23,6)
CV (%)	-	0,4	5,5	8,5	26,9

⁽¹⁾ TCR: testemunha com resíduo na entrelinha e sem resíduo na linha de plantio; IFT: isoxaflutole; SUL: sulfentrazone; FLU: flumioxazin; OXY: oxyfluorfen. Média de cinco repetições. *Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si segundo teste Tukey com 10% de significância. Números entre parênteses: desvio padrão da média

O IFT, a partir da avaliação de 45 DAA, não apresentou diferença quando comparado com a TCR sem aplicação de herbicida (Tabela 9). Este efeito decorreu, principalmente, das elevadas precipitações pluviais, que, aos 45 DAA, somavam 264 mm (Figura 1). Como consequência, o DKN (diquetonitrila), metabólito do isoxaflutole, que é mais solúvel, deve ter lixiviado (TAYLOR-LOVELL et al., 2000; PALLETT et al., 2001; TAYLOR-LOVELL; SIMS; WAX, 2002).

Em estudo realizado em condições controladas com simulação de chuva em intensidades que variaram entre 10 e 80 mm, Monquero et al. (2008b) encontraram resultados parecidos ao retratado acima. O aumento da lâmina de chuva aumentou a lixiviação do isoxaflutole, mas diminuiu sua concentração nas camadas superficiais, bem como, sua eficácia de controle, o que também foi encontrado por Melo et al. (2010a) nas mesmas condições ambientais. O isoxaflutole 45 DAA foi o único herbicida que apresentou nível de controle abaixo dos 75%, em povoamentos de *Eucalyptus grandis* cultivados em solo com textura argilosa e sob precipitações menos intensas (TIBURCIO, 2010).

Aos 90 DAA do sulfentrazone houve controle próximo ao satisfatório (Tabela 9). Vivian et al. (2006), Velini et al. (2010a), Melo et al. (2010a), Blanco, Velini e Batista

Filho (2010) e Tiburcio et al. (2012) constataram o longo efeito residual e a persistência daquele herbicida em solos com diferentes texturas. Velini et al. (2010a), observaram, sob condições de campo em um solo de textura arenosa, 75 DAA de sulfentrazone em área total, controle de plantas daninhas acima de 80% na linha de plantio. Blanco, Velini e Batista Filho (2010), detectaram a persistência do sulfentrazone (0,6 kg de i.a. ha⁻¹) 601 DAA em um solo da classe textural franco-argilo-arenosa. Eles verificaram que, nos períodos de alta precipitação pluvial, havia maior solubilização daquele herbicida, o que favorecia sua atividade residual e sua mineralização. Melo et al. (2010a) também verificou efeitos similares.

Não houve diferença no controle de plantas daninhas pelo sulfentrazone 150 DAA, quando comparado à testemunha com resíduo (Tabela 9). Aos 90 DAA de sulfentrazone, sob condições de campo, Tiburcio et al. (2012) verificaram controle abaixo de 50%, tendo-se concluído que altas intensidades de precipitação pluvial influenciaram diretamente a movimentação do herbicida no solo (MELO et al., 2010a).

Apenas os tratamentos FLU e OXY permaneceram com nível de controle superior a 80% aos 90 DAA (Tabela 9). Em condições de laboratório, sob condições de alta precipitação pluvial simulada, o flumioxazin ficou prontamente disponível na solução de solos com texturas arenosa e médias, porque o herbicida não se liga fortemente aos coloides do solo (FERREL et al., 2005). Alister et al. (2008) constataram resultados similares em solos com textura argilosa em condições de campo cultivados com uva. Isto justifica o maior efeito residual do flumioxazin, quando comparado aos demais tratamentos.

As altas precipitações pluviais aparentemente não interferiram no controle de plantas daninhas no OXY (Tabela 9). Rodrigues e Almeida (2005) e Melo et al. (2010) constataram a alta adsorção de oxyfluorfen à matéria orgânica no solo, o que lhe conferiu caráter imóvel. Costa et al. (2002) demonstraram longo efeito residual do oxyfluorfen em solo argiloso cultivado com *Pinus caribea* var. *hondurensis*, tendo obtido um nível de controle acima de 90%, aos 95 DAA, para *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum*.

4.2.3 Efeito da interação herbicidas vs. resíduos florestais

Todos os tratamentos até os 45 DAA dos herbicidas proporcionaram eficácia satisfatória (mínimo de 80%) no controle das plantas daninhas, inclusive a testemunha sem aplicação de herbicida (TCR) (Tabela 10). Essa eficácia se deve parcialmente à presença dos resíduos florestais, que atuou como uma barreira física e/ou alelopática à germinação das plantas daninhas. Além disso, nos tratamentos que receberam aplicação de herbicidas, o maior teor de matéria orgânica do solo, comum em áreas manejadas com cultivo mínimo, como neste estudo, deve ter proporcionado maior sorção dos herbicidas, o que diminuiu sua mobilidade e sua disponibilidade às plantas e aos microrganismos (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

Entre 90 e 150 DAA dos herbicidas não houve nível de controle satisfatório em nenhum tratamento. Apenas FLU e OXY apresentaram resultados melhores quando comparados ao TCR (Tabela 10).

Em comparação ao controle de plantas daninhas na linha de plantio, os resíduos florestais diminuíram, em média, 19% a eficácia do controle exercido pelos herbicidas (Tabelas 9 e 10).

Aos 45 DAA, o IFT não apresentou diferença significativa quando comparado ao TCR. Em relação ao isoxaflutole, Alleto et al. (2012), verificaram, quando aplicado em solos sob diferentes sistemas de cultivo (convencional, mínimo e com incorporação de resíduos de aveia e milho), apresentou maior sorção nos solos sob cultivo mínimo, em decorrência do aumento do teor de matéria orgânica no solo. A sua sorção foi maior do que a de seu metabólito, o diquetonitrila, o que pode justificar a não diferença de efeito da aplicação do herbicida em relação ao TCR, até 150 DAA.

Monquero et al. (2008a) e Melo et al. (2010b) verificaram resultados semelhantes. Inferiu-se que a sorção do isoxaflutole varia também de acordo com a composição química da matéria orgânica (MITRA; BHOWMIK; XING, 2000), mesmo em solo argiloso, se o teor de matéria orgânica for alto, 90g dm⁻³, a persistência do isoxaflutole é alta (MELO et al., 2010b). Em solo com teor de matéria orgânica próximo ao do presente estudo, os autores verificaram que a sorção do isoxaflutole era menor, predispondo maior propensão à lixiviação. A eficácia de controle do herbicida diminuiu ao longo do tempo, devido à sua degradação microbiológica ou

lixiviação do seu metabólito (DKN) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2006; MELO et al., 2010b; TAYLOR-LOVELL; SIMS; WAX, 2002).

O sulfentrazone foi eficiente no controle das plantas daninhas até 45 DAA (Tabela 10). Velini et al. (2010a) verificaram controle acima de 80% aos 75 DAA nas entrelinhas de plantio de eucalipto tratadas com aquele herbicida, evidenciando-se que as precipitações pluviais contribuíram para que ele ultrapassasse a camada de resíduos e chegasse ao solo. Simoni et al. (2006) constataram que, sob alta precipitação pluvial, houve lixiviação do sulfentrazone mesmo na maior quantidade de palha (20 t ha⁻¹).

Com a aplicação de flumioxazin e oxyfluorfen foram obtidos os maiores níveis de controle de plantas daninhas em todas as avaliações, mas sem diferença quando comparada à testemunha sem resíduo, dentro de 150 DAA (Tabelas 8 e 10). Isso indica que os resíduos florestais não impediram a lixiviação dos herbicidas, entretanto diminuíram o efeito residual, pois o período livre de mato competição foi reduzido.

Tabela 10 - Controle das plantas daninhas na entrelinha de plantio (com resíduo florestal) dos diferentes tratamentos

Tratamento ⁽¹⁾	Dias após a aplicação				
	15	30	45	90	150
	%				
TCR	99 (0,8)	97 B (2,5)	85 B (4,9)	43 B (10,9)	10 B (3,5)
IFT	100 (0,9)	98 AB (1,8)	85 B (5,8)	41 B (4,2)	12 AB (4,5)
SUL	100	99 AB (1,0)	95 A (8,5)	54 AB (8,9)	13 AB (4,5)
FLU	100	100 A	100 A	68 A (13,0)	19 A (7,4)
OXY	100	99 AB (1,1)	97 A (4,1)	66 A (10,8)	19 A (8,9)
CV (%)	0,54	1,36	5,25	16,08	28,85

⁽¹⁾ TCR: testemunha com resíduo na entrelinha de plantio; IFT: isoxaflutole; SUL: sulfentrazone; FLU: flumioxazin; OXY: oxyfluorfen. Média de cinco repetições. *Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si segundo teste Tukey com 10% de significância. Números entre parênteses: desvio padrão da média

Correia, Gomes e Perussi (2013) verificaram, sob condições controladas de casa de vegetação, que o aumento da lâmina de precipitação pluvial ampliou a lixiviação do flumioxazin aplicada sobre a palha da cana-de açúcar, favorecendo o controle das plantas daninhas. No presente estudo, as intensas precipitações pluviais devem

ter provocado a lixiviação do herbicida no solo e aumentado a dessorção da matéria orgânica do solo, ampliando seu período de efeito residual (Figura 1 e Tabela 10).

O oxyfluorfen, testado para controle de *I. grandifolia*, *Ipomoea quamoclit*, *Merremia cissoides* e *B. decumbens* na dose de 720 g ha⁻¹ i.a., proporcionou controle acima de 99%, aos 38 DAA, sobre 5 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar e também na simulação de uma precipitação pluvial de 2,5 mm em solo de textura média. Somente para *M. cissoides*, a quantidade de precipitação pluvial de 2,5 mm foi insuficiente para a lixiviação do produto da palha e para inibir completamente a germinação da planta daninha. Mesmo assim, controlou 99,5% de plantas daninhas aos 38 DAA (NEGRISOLI et al., 2009). Melo et al. (2010b) verificaram a maior persistência do oxyfluorfen no solo com alto teor de matéria orgânica (90g dm⁻³), valor muito superior ao encontrado neste estudo (Tabela 2), em solos de textura argilosa com diferentes teores de matéria orgânica.

4.3 Interferência das plantas daninhas no crescimento inicial do eucalipto

4.3.1 Efeito dos resíduos florestais

Até os 30 dias após o plantio, apresentaram-se diferenças nas alturas das plantas de eucalipto nos tratamentos TCR, TSR e TCC (Tabela 11). O controle das plantas daninhas na linha de plantio para esse mesmo período foi de 100% e não apresentou divergências entre TCR e TSR (Tabela 8). O resultado é possivelmente devido à pequena variação na qualidade das mudas plantadas.

A partir dos 60 DAA, na entrelinha, não houve influência do controle de plantas daninhas ou da presença de resíduos florestais na altura das plantas ($p > 0,1$). Ao contrário deste estudo, Toledo et al. (2003) avaliaram, em Piratininga-SP, diferentes períodos de convivência do *Eucalyptus grandis* com as plantas daninhas monocotiledôneas, predominantemente. As plantas de eucalipto que conviveram com as plantas daninhas por 140 dias sofreram redução de 53% em altura, dentro de um período de doze meses, quando comparadas às que cresceram livres de interferência. Segundo Garau et al. (2009), o crescimento em altura pode ser afetado ou não por plantas daninhas. A priorização da planta, entre crescimento apical ou cambial, em variados períodos, justifica diferenças temporais nos resultados encontrados.

O diâmetro do colo das plantas no tratamento TCC aos 120 DAA foi 9% superior ao tratamento TCR e 11% superior ao TSR ($p=0,01$). Aos 150 DAA, o diâmetro do colo das plantas no tratamento TCC foi 17% superior ao tratamento TCR e 15% superior ao TSR ($p<0,0001$). O controle de plantas daninhas realizado aos 90 DAA no TCC pode justificar o resultado encontrado e demonstra o rápido efeito do controle das plantas daninhas no diâmetro do colo das plantas de eucalipto. Segundo estudo de Eyles et al. (2012) realizado na Austrália com *Eucalyptus globulus*, o diâmetro do colo, aos 15 meses após plantio das plantas de eucalipto que cresceram livres de plantas daninhas, foi 13% superior quando comparadas ao das plantas que conviveram com plantas daninhas. Isto evidencia a maior sensibilidade do diâmetro do colo à competição interespecífica.

Tabela 11 - Altura e diâmetro do colo das plantas de eucalipto nos diferentes tratamentos entre 15 e 150 dias pós-plantio

Tratamento ⁽¹⁾	Dias após a aplicação					
	15	30	60	90	120	150
Altura (cm)						
TSR	29 A	30 A	38	49	76	113
TCR	28 AB	29 AB	36	48	77	116
TCC	27 B	28 B	37	50	76	115
CV (%)	14,1	14,0	12,7	13,2	17,2	18,7
Diâmetro do colo (mm)						
TSR	2,2	2,9	4,7 AB	7,6 B	13,2 B	19,7 B
TCR	2,1	2,9	4,5 B	7,7 AB	13,4 B	19,4 B
TCC	2,1	2,9	4,7 A	8,2 A	14,6 A	22,6 A
CV (%)	18,2	11,5	14,6	18,0	20,3	17,2

⁽¹⁾ TSR: testemunha sem resíduo; TCR: Testemunha com resíduo; TCC: Testemunha com controle.

*Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si segundo teste Tukey com 10% de significância

4.3.2 Efeito dos herbicidas

Até os 60 DAA não houve efeito dos herbicidas no crescimento do eucalipto comparativamente aos tratamentos TCR e TCC (Tabela 12). Tal fato se deve, possivelmente, ao eficaz controle das plantas daninhas, em todos os tratamentos, até os 45 DAA (Tabelas 8 e 9).

Tabela 12 - Altura e diâmetro do colo das plantas de eucalipto nos diferentes tratamentos entre 15 e 150 dias pós-plantio

Tratamento ⁽¹⁾	Dias após a aplicação					
	15	30	60	90	120	150
Altura (cm)						
TCR	28	29	36	48 AB	77 AB	116 AB
TCC	27	28	37	50 AB	76 AB	115 AB
IFT	28	29	37	51 A	84 A	122 A
SUL	28	29	37	49 AB	76 B	111 B
FLU	28	29	37	47 B	73 B	110 B
OXY	28	28	36	48 AB	77 AB	117 AB
CV (%)	15,6	15,3	13,2	15,8	19,2	19,3
Diâmetro do colo (mm)						
TCR	2,1	2,9	4,5	7,7 AB	13,4	19,4 B
TCC	2,1	2,9	4,7	8,2 A	14,6	22,6 A
IFT	2,1	2,9	4,8	8,3 A	14,0	20,6 B
SUL	2,1	2,9	4,7	7,8 AB	13,6	19,9 B
FLU	2,2	2,9	4,6	7,2 B	13,4	20,3 B
OXY	2,1	2,9	4,6	7,6 AB	14,0	20,9 B
CV (%)	19,4	12,7	16,2	20,5	21,9	17,1

⁽¹⁾ TCR: testemunha com resíduo na entrelinha de plantio; TCC: testemunha com controle; IFT: isoxaflutole; SUL: sulfentrazone; FLU: flumioxazin; OXY: oxyfluorfen. *Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si segundo teste Tukey com 10% de significância

Os sintomas visuais de fitotoxidez apareceram 15 DAA, com seu auge aos 30 DAA; até os 150 DAA, as plantas ainda apresentavam tais sintomas visuais (Tabela 13).

A partir da avaliação dos 90 DAA, os tratamentos apresentaram diferenças tanto em altura quanto em diâmetro do colo, as quais se devem à má competição e à fitotoxicidade dos herbicidas (Tabela 13). As altas precipitações pluviais, por aumentarem a disponibilidade dos herbicidas na solução do solo, devem ter propiciado que maiores quantidades fossem absorvidas pelas plantas de eucalipto.

Aos 150 DAA, no TCC, foram observados os maiores diâmetros do colo e, no mesmo período, no IFT, as maiores alturas (5,4% a mais que a TCR). Apesar do menor controle de plantas daninhas exercido pelo IFT, o estiolamento das plantas não justifica seu maior incremento em altura, pois a erva-quente e a trapoeraba,

espécies mais comuns nesse tratamento, se caracterizam pelo desenvolvimento prostrado e semi-prostrado, respectivamente (LORENZI, 2006).

No IFT foram medidas as maiores alturas entre 90 DAA e 150 DAA, período em que o controle de plantas daninhas na linha e na entrelinha de plantio não foi satisfatório (menor que 80%). Comparado ao TCR, o IFT foi 8,7% superior aos 120 DAA e 5,4%, aos 150 DAA. Em relação ao TCC, o IFT foi 9,2% superior aos 120 DAA e 6,4%, aos 150 DAA. Nesse sentido, o fenômeno da hormese possivelmente justifica tais resultados, visto que ocorre quando a sub-dose de um produto químico tóxico estimula a variável mensurada ou beneficia o manejo de pragas, de resistência, da produtividade das culturas (CALABRESE; BALDWIN, 1999; CEDERGREEN, 2008; BELZ; CEDERGREEN; DUKE, 2011; DUKE, 2014). Assim, com o objetivo de alcançar o efeito desejado em uma ou mais variáveis, é preciso que os compostos corretos ajam no mecanismo biológico adequado e no tempo apropriado de resposta (BELZ; CEDERGREEN; DUKE, 2011). Nesse panorama, segundo Velini et al. (2010b), os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides, como o isoxaflutole, podem ser aplicados com essa intenção.

A hormese pode melhorar a produtividade dos herbicidas e da cultura em doses que também tem efeito sobre o controle de plantas daninhas (BELZ; CEDERGREEN; DUKE, 2011). Vale ressaltar que as plantas podem ter contato com baixas quantidades de herbicidas através de diversos meios, tais como: derivas, aplicações acidentais, contato das folhas da cultura com a planta daninha tratada, efeito "guarda-chuva" e absorção de baixas doses no solo. Esta poderia justificar os resultados encontrados no presente trabalho (VELINI et al., 2010b), já que, estudos que avaliaram a implicação do herbicida glifosato no crescimento das plantas, demonstraram que, quando aplicado em baixas doses, apresentaram-se grandes diferenças de resposta entre espécies e partes da planta, perceptíveis em variados intervalos de tempo (TUFFI SANTOS et al., 2007, 2008b; VELINI et al., 2008; SALGADO et al., 2011; CARVALHO; ALVES; COSTA, 2015).

Os tratamentos SUL e FLU apresentaram os menores valores em altura relativos ao TCC e ao TCR aos 150 DAA (Tabela 12). Além do controle insatisfatório na linha e na entrelinha de plantio, menor que 80%, a partir dos 90 DAA, as plantas do tratamento com SUL apresentaram sintomas de fitotoxidez, o que justifica os resultados encontrados na pesquisa (Tabelas 9, 10 e 13). Carbonari et al. (2012) encontraram menor produção de massa seca da parte aérea em quatro clones,

híbridos de *Eucalyptus grandis* x *urophylla*, plantados após a aplicação de sulfentrazone. Os efeitos diferiram entre clones, sendo diretamente relacionados aos sintomas de intoxicação. A deriva de sulfentrazone também influenciou a altura, a área foliar, a massa seca de folhas e os níveis de clorofila de clones de eucalipto, conforme os trabalhos desenvolvidos e apresentados por Takahashi et al. (2009) e Carbonari et al. (2016).

Tabela 13 - Quantidade relativa de plantas com sintomas de intoxicação nos diferentes tratamentos entre 15 e 150 dias pós-plantio

Tratamento ⁽¹⁾	Dias após a aplicação					
	15	30	60	90	120	150
%						
Leves injúrias cloróticas						
IFT	27	40	8	15	8	3
SUL	28	43	3	11	13	13
FLU	21	32	15	5	5	8
OXY	28	40	10	10	3	3
Injúrias cloróticas e necróticas (borda de folhas)						
IFT	0	2	0	0	0	0
SUL	0	3	3	0	0	0
FLU	0	2	2	0	0	0
OXY	0	0	0	0	0	0
Injúrias cloróticas e redução de crescimento						
IFT	0	0	0	0	0	0
SUL	0	0	0	0	0	0
FLU	0	2	0	0	0	0
OXY	0	0	0	0	0	0

⁽¹⁾ IFT: isoxaflutole; SUL: sulfentrazone; FLU: flumioxazin; OXY: oxyfluorfen

De acordo com a Tabela 9, o FLU alcançou 85% de controle aos 90 DAA. Os sintomas de intoxicação observados possivelmente justificam os resultados encontrados para altura das plantas, 4,6% menores que a TCC (Tabela 12 e 13). Tiburcio et al. (2012) verificaram sintomas de intoxicação em plantas de eucalipto submetidas à aplicação de flumioxazin, 20 dias após o plantio das mudas, sem prejudicar, no entanto, a altura e o diâmetro do colo, aos 60 DAA. Em condições de campo e em doses inferiores às praticadas nesse estudo, o uso do flumioxazin

interferiu no crescimento em altura, diâmetro do colo e causou, em plantas de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.), 35 DAA (INOUE et al., 2014).

O tratamento com OXY, que resultou em 83% de controle na linha de plantio aos 90DAA, apresentou sintomas visuais de fitotoxidez, alturas semelhantes às da TCC e diâmetro do colo semelhante aos demais tratamentos, exceto quando comparado ao TCC (Tabelas 12 e 13). Segundo análise de Agostinetto et al. (2010), o oxyfluorfen e o isoxaflutole, quando aplicados em pós-plantio, não causaram diferenças no crescimento em altura e matéria seca de *E. globulus* e *Eucalyptus saligna*. Aos 30 DAA, houve um maior número de plantas de eucalipto com sintomas de fitotoxidez, entretanto, após esta avaliação, ocorreu gradativa redução do número de plantas com sintomas visuais, indicando sua recuperação (Tabela 13). O herbicida IFT apresentou sintomas visuais de fitotoxidez a partir dos 15 DAA (Tabela 13), além disso, sintomas leves foram percebidos em 40% de indivíduos, aos 30 DAA, enquanto que, em 2% dos indivíduos, as injúrias foram cloróticas e necróticas. Contudo o crescimento em altura e em diâmetro do colo das plantas de eucalipto, não foi prejudicado, conforme se apresentou na Tabela 12. Aos 150 DAA, 3% dos indivíduos apresentaram sintomas leves, o que evidencia a capacidade de recuperação das plantas de eucalipto.

Já o efeito fitotóxico do isoxaflutole apresenta variações entre genótipos, fator importante a ser considerado em estudos de seletividade (AGOSTINETTO et al., 2010). O pinhão-mansão, por exemplo, apresenta grande sensibilidade ao isoxaflutole, com fitotoxidez média de 60% em aplicação pós-plantio, sendo mais acentuada quando utilizado em pós-semeadura (INOUE et al., 2014; ROCHA et al., 2010).

O tratamento SUL apresentou o maior número de plantas com sintomas leves de fitotoxicidade, entre todos os tratamentos analisados aos 30 DAA, conforme se apresenta na Tabela 13. Os sintomas visuais apresentados nas avaliações subsequentes evidenciaram rápida recuperação, apesar do menor crescimento em altura, mesma sensibilidade relatada por Takahashi et al. (2009), Carbonari et al. (2012, 2016).

No tratamento com FLU, 30 DAA, aumentaram os sintomas de intoxicação relativos à avaliação anterior, quando plantas de eucalipto apresentaram injúrias cloróticas e necróticas, além de redução em seu crescimento. A diminuição das

injúrias ao longo das avaliações, provavelmente, não impediu que esses indivíduos apresentassem menor desenvolvimento em altura e diâmetro do colo.

O tratamento com OXY foi o único a apresentar plantas com injúrias leves, evidenciando-se a maior seletividade do eucalipto àquele herbicida (Tabela 13). Em outros estudos, a mesma seletividade observou-se ao aplicar o oxyfluorfen em plantas de pinhão-mansão (INOUE et al., 2014), quando se utilizou o herbicida pós-semeadura e houve intoxicações mais elevadas, a partir dos 19 DAA, tendo havido boa recuperação aos 56 DAA (ROCHA et al., 2010). Já as plantas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratadas com oxyfluorfen, na mesma dose aplicada nesse estudo, não apresentaram sintomas de fitotoxidez (COSTA et al., 2002).

4.4 Atividade microbiológica do solo

4.4.1 Efeito dos resíduos florestais

A atividade microbiológica da entrelinha de plantio medida a partir da respiração microbiológica do solo acumulada durante o período de incubação foi, em média, 70% superior à da linha de plantio ($p < 0,0001$). As linhas de plantio de ambos os tratamentos não apresentaram diferenças ($p = 0,67$) (Figura 2), assim como, nas entrelinhas ($p = 0,2$) (Figura 3). Os microrganismos são sensíveis a alterações no solo como, por exemplo, cultivo mínimo e a subsolagem na linha de plantio, que alteram a umidade do solo, a temperatura, a disponibilidade de nutrientes e a estrutura do solo. Esta sensibilidade e a relação direta entre a respiração microbiológica do solo e o conteúdo de matéria orgânica nas camadas mais superficiais do solo justificam a menor atividade nas linhas de plantio subsoladas (ALEF; NANNIPIERI, 1995; TÓTOLA; CHAER, 2002).

Figura 2 - Respiração microbiana do solo nas linhas de plantio, sem e com a manutenção de resíduos florestais nas entrelinhas de plantio, respectivamente, denominados como: testemunha sem resíduo (TSR) e testemunha com resíduo (TCR). Média de cinco repetições.

Aos 30 DAA, as entrelinhas da TSR apresentaram respiração microbiana 34% acima da medida antes da instalação do trabalho e, na TCR, 8% (Figura 3). Infere-se, nesse sentido, que as atividades microbianas elevadas no período inicial de incubação provavelmente resultam da liberação de compostos orgânicos facilmente degradáveis contidos na camada superficial do solo (ALEF; NANNIPIERI, 1995). Aos 45 DAA, a respiração microbiana do solo da entrelinha que teve os resíduos florestais retirados (TSR) era 54% superior à da que manteve os resíduos florestais (TCR) (Figura 3). As intensas precipitações pluviais ocorridas até 30 DAA dos herbicidas possivelmente reduziram a quantidade de O₂ disponível no solo e, consequentemente, a atividade microbiana existente. O posterior aumento de temperatura ampliou, principalmente, a respiração microbiana na TSR se comparado ao TCR, menos exposta a variações climáticas em função da manutenção dos resíduos (McCLAUGHERTY; BERG, 2011). Aos 90 DAA, a entrelinha da TCR resultou em respiração 4% maior que a TSR (Figura 3), já que a retirada dos resíduos da entrelinha TSR reduziu a disponibilidade de compostos a serem mineralizados por meio dos microrganismos, em longo prazo. Segundo García-Orenes et al. (2010), quando os componentes disponíveis são consumidos (açúcares, amidos e proteínas simples, por exemplo) e não há matéria orgânica

fresca, gradualmente, a atividade microbiológica se reduz e os compostos mais recalcitrantes são mineralizados.

Figura 3 - Respiração microbiana do solo nas entrelinhas de plantio, sem e com a manutenção de resíduos florestais nas entrelinhas de plantio, respectivamente, denominados como: testemunha sem resíduo (TSR) e testemunha com resíduo (TCR). Média de cinco repetições. A barra indica a diferença mínima significativa pelo teste Tukey ($p < 0,1$)

4.4.2 Efeito dos herbicidas

Não houve diferença entre a respiração microbiana do solo acumulada durante o período de incubação nos tratamentos quando analisados por avaliação ($p > 0,1$) (Figura 4).

Em 30 DAA dos herbicidas, na linha de plantio o efeito dos herbicidas na atividade microbiana, reduzindo-a em 60%. O IFT foi 16% superior a TCR e aos demais tratamentos, o que, possivelmente, deveu-se à rápida adaptação dos microrganismos ao herbicida ou a sua menor toxidez e, conseqüentemente, sua rápida transformação em fonte de carbono e energia (Figura 4).

Aos 45 DAA a respiração microbiológica do solo sob o IFT reduziu 27%, na TCR, 8% e, no OXY, 10%. Os demais tratamentos apresentaram aumento na atividade microbiológica. Aos 90 DAA a atividade microbiológica decresceu, em média, 25% em todos os tratamentos (Figura 4). Segundo Dionísio et al. (2016); Moreira e Siqueira (2006), a taxa de decomposição geralmente não é contínua, apresentando fases intercaladas de atividade e inibição, além disso, alguns produtos, ao se degradarem, geram metabólitos tão ou mais tóxicos que a molécula original. Silva et al. (2014) verificaram, em condições de casa de vegetação, efeitos similares aos do isoxaflutole, do sulfentrazone e do oxyfluorfen.

A atividade microbiológica do IFT consistiu na mais alta aos 30 DAA e, a partir dessa avaliação, sua atividade diminuiu (Figura 4), o que pode se justificar pelo aumento das taxas de degradação do isoxaflutole na medida em que se aumenta a quantidade de água no solo (SIMS et al., 2009; TAYLOR-LOVELL; SIMS; WAX, 2002). Essa maior atividade microbiológica na linha de plantio, relativamente à entrelinha, pode tornar mais rápida a biodegradação do isoxaflutole e do seu metabólito (DKN) e, conseqüentemente, ter colaborado para a menor eficácia do controle das plantas daninhas na linha de plantio (Figura 4 e Tabela 9).

O SUL apresentou respiração microbiológica, em média, 17% menor do que a TCR. Este comportamento possivelmente se justifica em razão de uma taxa mais elevada de biodegradação do herbicida sulfentrazone ser observada depois de 200 dias de incubação. Martinez et al. (2008a, 2008b) verificaram que sua degradação só ocorreu após 255 de incubação, a 70% de umidade e 27°C, sendo a temperatura um fator determinante. O FLU teve respiração microbiológica, em média, 30% menor do que a TCR. A menor atividade microbiológica na linha de plantio, relativamente à entrelinha, torna mais lenta sua dissipação dada a redução da população microbiológica e pode ter contribuído para a maior eficácia do controle das plantas daninhas na linha de plantio (FERRELL; VENCILL, 2003) (Figura 4 e Tabela 9).

A respiração microbiológica do solo aos 90 DAA do oxyfluorfen foi 10% superior à avaliação anterior, o que pode estar relacionado ao aumento da temperatura atmosférica de 16°C para 21°C, a partir dos 35 DAA (Figura 1 e 4). Este aumento de temperatura, que se reflete no solo, favorece a atividade microbiológica e aumenta a dissipação do oxyfluorfen, o que praticamente não ocorre em temperaturas abaixo de 10°C (TCRAI; BARAIBAR; ROMANI, 1992; ALISTER et al., 2009; MANTZOS et al., 2014).

Figura 4 - Respiração microbiana do solo nas linhas de plantio em função dos tratamentos: testemunha com resíduo na entrelinha de plantio (TCR), isoxaflutole (IFT), sulfentrazone (SUL), flumioxazin (FLU) e oxyfluorfen (OXY). Média de cinco repetições.

4.4.3 Efeito da interação herbicida vs. resíduo florestal

Durante a pesquisa, constatou-se que não houve diferença entre as respirações microbianas do solo acumuladas durante o período de incubação, nos diferentes tratamentos, quando analisados em cada avaliação ($p > 0,1$) (Figura 5).

Aos 30 DAA dos herbicidas, diferentemente das linhas de plantio que sofreram o impacto do preparo de solo, as entrelinhas de plantio não apresentaram redução na respiração microbiana do solo, exceto o FLU. Nas avaliações seguintes, houve crescente aumento da respiração em todos os tratamentos, exceto na TCR e OXY aos 45 DAA. O aumento da temperatura atmosférica, as intensas precipitações pluviais ocorridas nos primeiros 30 DAA e a presença dos resíduos florestais certamente influenciaram aquele resultado.

Aos 30 DAA, a taxa respiratória dos microrganismos, no OXY, foi 42% superior ao demais tratamentos (Figura 5). Possivelmente, as precipitações pluviais que ocorreram até 30 DAA (Figura 1) não foram suficientes para lixiviar o oxyfluorfen da superfície dos resíduos florestais para a superfície do solo, conforme observou-se

nos demais tratamentos, atenuando sua ação sobre os microrganismos logo após sua aplicação.

A influência do oxyfluorfen na redução da taxa respiratória só foi observada 45 DAA após intensas precipitações pluviais, deixando-a abaixo dos demais tratamentos e próximo do TCR (Figura 5).

Figura 5 - Respiração microbiana do solo nas entrelinhas em função dos tratamentos: testemunha com resíduo (TCR), isoxaflutole (IFT), sulfentrazona (SUL), flumioxazin (FLU) e oxyfluorfen (OXY). A barra indica a diferença mínima significativa pelo teste Tukey ($p < 0,1$)

Aos 90 DAA, todos os tratamentos proporcionaram aumento da taxa respiratória dos microrganismos (Figura 5). Existe uma alta correlação entre a atividade microbiana medida pela respiração microbiana e a temperatura do solo, o que pode justificar os resultados observados nesse estudo (TCRAI; BARAIBAR; ROMANI, 1992). O aumento da concentração de O_2 no solo, advindo da diminuição da umidade, também pode ter contribuído para o aumento da respiração microbiana. O OXY apresentou a maior taxa respiratória em relação aos demais tratamentos aos 90 DAA, justificada pelo aumento da temperatura e provável

aumento da sua dessorção, o que favorece sua dissipação (ALISTER et al., 2009; MANTZOS et al., 2014) (Figura 5).

5 CONCLUSÃO

Ao longo da pesquisa, percebeu-se que as precipitações pluviais e a temperatura atmosférica influenciaram muito a eficácia do controle das plantas daninhas, bem como, da atividade dos microrganismos no solo.

Até os 45 dias após aplicação dos tratamentos, as testemunhas sem resíduo e com resíduo apresentaram controle satisfatório das plantas daninhas nas linhas e entrelinhas de plantio. Tal fato possibilita que o uso de herbicidas na aplicação em pré-emergência das plantas daninhas seja feito em período mais oportuno e benéfico para o eucalipto.

A manutenção dos resíduos florestais nas entrelinhas de plantio diminuiu a eficácia dos herbicidas, principalmente, quando se aplicaram o isoxaflutole e o sulfentrazone.

Em todos os tratamentos, as plantas de eucalipto evoluíram para a recuperação dos efeitos fitotóxicos ao longo de 150 DAA dos herbicidas.

Verificou-se que a atividade microbiana foi muito sensível às intervenções realizadas na área experimental.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D.; TAROUÇO, C.P.; MARKUS, C.; OLIVEIRA, E.; SILVA, J.M.B.V.; TIRONI, S.P. Seletividade de genótipos de eucalipto a doses de herbicidas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 585-598, 2010.

AGROFIT – Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 05 ago. 2016.

ALEF, K.; NANNIPIERI, D. Estimation of microbial activities. In: _____. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. chap. 5, p. 214-216.

ALISTER, C.; GOMEZ, P.A.; ROJAS, S.; KOGAN, M. Pendimethalin and oxyfluorfen degradation under two irrigation conditions over four years application. **Journal of Environmental Science and Health**, Philadelphia, v. 44, p. 337-343, 2009.

ALISTER, C.; ROJAS, S.; GOMEZ, P.; KOGAN, M. Dissipation and movement of flumioxazin in soil at four field sites in Chile. **Pest Management Science**, London, v. 64, p. 579-583, 2008.

ALLETTO, L.; BENOIT, P.; BERGHEAUD, V.; COQUET, Y. Variability of retention process of isoxaflutole and its diketonitrile metabolite in soil under conventional and conservation tillage. **Pest Management Science**, London, v. 68, p. 610-617, 2012.

ALMEIDA, F.S. **Controle de plantas daninhas em plantio direto**. Londrina: IAPAR, 1991. 34 p. (Circular, 67).

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>. Acesso em: 28 fev. 2014.

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

BELZ, R.G.; CEDERGREEN, N.; DUKE, S.O. Herbicide hormesis: can it be useful in crop production? **Weed Research**, Oxford, v. 51, p. 321-332, 2011.

BLANCO, H.G.; BLANCO, F.M.G. Degradação acelerada de linuron no solo em condições de laboratório. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 1, p. 73-79, 1997.

BLANCO, F.M.G.; VELINI, E.D.; BATISTA FILHO, A. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 71-75, 2010.

CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L.A. Chemical hormesis: its historical foundations as a biological hypothesis. **Toxicologic Pathology**, Newark, v. 27, n. 2, p. 195-216, 1999.

CARBONARI, C.A.; VELINI, E.D.; GOMES, G.L.G.C.; TAKAHASHI, E.N.; ARALDI, R. Seletividade e absorção radicular do sulfentrazone em clones de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 147-153, 2012.

CARBONARI, C.A.; VELINI, E.D.; CORREA, M.R.; NEGRISOLI, E.; ROSSI, C.V.; OLIVEIRA, C.P. Efeitos de períodos de permanência de clomazone+hexazinona no solo e na palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência de chuvas na eficácia de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 197-205, 2010.

CARBONARI, C.A.; MIRANDA, L.G.; GOMES, G.L.G.C.; PICOLI JUNIOR, G.J.; MATOS, A.K.A.; VELINI, E.D. Differential tolerance of eucalyptus clones to sulfentrazone applied in different soil textures. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 9-18, 2016.

CARVALHO, L.B.; ALVES, P.L.C.A.; COSTA, F.R. Differential response of clones of eucalypt to glyphosate. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 177-187, 2015.

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

CHRISTOFFOLETI, P.J. Manejo integrado de plantas daninhas em povoamentos florestais homogêneos. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 1., 2008, Curitiba. **Anais...** Piracicaba: PTSM; IPEF; FUPEF, 2008. p.149-156.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ OVEJERO, R.F.; DAMIN, V.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2009. 72 p.

CORREIA, N.M.; GOMES, L.P.; PERUSSI, F.J. Emergence of *Rottboellia exaltata* influenced by sowing depth, amount of sugarcane straw on the soil surface, and residual herbicide use. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 145-152, 2013.

COSTA, A.G.F.; ALVES, P.L.C.A.; PAVANI, M.C.M.D. Efeito da densidade de plantas de *Spermacoce latifolia* Aubl. sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Will ex Maiden. **Revista Ecosystema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 29, n. 1, p. 39-47, 2004a.

_____. Períodos de interferência de trapoeraba (*Commelina benghalensis* Hort.) no crescimento inicial de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 471-478, 2004b.

COSTA, E.A.D. da; MATALLO, M.B.; CARVALHO, J.C.; ROZANSKI, A. Eficácia de nova formulação do herbicida oxyfluorfen no controle de plantas daninhas em área de *Pinus caribea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 683-689, 2002.

DINARDO, W.; TOLEDO, R.E.B.; ALVES, P.L.C.A.; PITELLI, R.A. Efeito da densidade de plantas de *Panicum maximum* Jacq. sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 18, n. 64, p. 59-68, 2003.

DUKE, S.O. Hormesis with pesticides. **Pest Management Science**, London, v. 70, p. 689, 2014.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2013. 353 p.

EYLES, A.; WORLEDGE, D.; SANDS, P.; OTTENSCHLAEGER, M.L.; PATERSON, S.C.; MENDHAM, D.; O'GRADY, A.P. Ecophysiological responses of a young blue gum (*Eucalyptus globulus*) plantation to weed control. **Tree Physiology**, Oxford, v. 32, p. 1008–1020, 2012.

FERREIRA, E.A.; PROCÓPIO, S.O.; GALON, L.; FRANCA, A.C.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.A.; ASPIAZU, I.; SILVA, A.F.; TIRONI, S.P.; ROCHA, P.R.R. Manejo de plantas daninhas em cana-crua. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 915-925, 2010.

FERRELL, J.A.; VENCILL, W.K. Flumioxazin soil persistence and mineralization in laboratory experiments. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Oxford, v. 51, p. 4719–4721, 2003.

FERREL, J.A.; VENCILL, W.K.; XIA, K.; GREY, T.L. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. **Pest Management Science**, London, v. 61, p. 40–46, 2005.

FORTES NETO, P.; FERNANDES, S.A.P.; JAHNEL, M.C. Microbiota da Solo como Indicadora da Poluição do Solo e do Ambiente. In: SILVEIRA, A.P.D., FREITAS, S.S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. p. 259-274.

GARAU, A.M.; GHERSA, C.M.; LEMCOFF, J.H.; BARAÑAO, J.J. Weeds in *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii* (F. Muell) establishment: effects of competition on sapling growth and survivorship. **New Forests**, Dordrecht, v. 37, p. 251–264, 2009.

GARCÍA-ORENES, F.; GUERRERO, C.; ROLDÁN, A.; MATAIX-SOLERA, J.; CERDÀ, A.; CAMPOY, M.; ZORNOZA, R.; BÁRCENAS, G.; CARAVACA, F. Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 109, p. 110-115, 2010.

GEBLER, L.; SPADOTTO, C.A. Comportamento ambiental dos herbicidas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 39-69.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; WICHERT, M.C.P.; GAVA, J.L. Manejo de resíduos vegetais e preparo de solo. In: GONÇALVES, J.L.M., STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 131-204.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; LACLAU, J.P.; SMETHURST, P.; GAVA, J.L. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 45-61, 2004.

GONÇALVES, J.L.M. Fertilização de plantação de eucalipto. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2., 2011, Campinas. **Anais...** Piracicaba: PTSM; IPEF; ESALQ; FUPEF, 2011. p. 85-113.

GONÇALVES, J.L.M.; ALVARES, C.A.; HIGA, A.R.; SILVA, L.D.; ALFENAS, A.C.; STAHL, J.; FERRAZ, S.F.B.; LIMA, W.P.; BRANCALION, P.H.S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J.P.D.; LACLAU, J.P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 6-27, Aug. 2013.

GRAAT, Y.; ROSA, J.O.; NEPOMUCENO, M.P.; CARVALHO, L.B.; ALVES, P.L.C.A. Grass weeds interfering with eucalypt: effects of the distance of coexistence on the initial plant growth. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 203-211, 2015.

GREY, T.L.; WALKER, R.H.; WEHTJE, G.R.; HANCOCK, H.G. Sulfentrazone adsorption and mobility as affected by soil and pH. **Weed Science**, Champaign, v. 45, p. 733-738, 1997.

GREY, T.L.; WALKER, R.H.; WEHTJE, G.R.; ADAMS JR, J.; DAYAN, F.E.; WEETE, J.D.; HANCOCK, H.G.; KWON, O. Behavior of sulfentrazone in ionic exchange resins, electrophoresis gels, and cation-saturated soils. **Weed Science**, Champaign, v. 48, p. 239-247, 2000.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual IBÁ 2015**. Brasília: ABRAF, 2016. 80 p.

INOUE, M.H.; PEREIRA, K.M.; MENDES, K.F.; SANTOS, E.G.; DALLACORT, R.; POSSAMAI, A.C.S. Seletividade de herbicidas para pinhão manso em condições de casa de vegetação e campo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, p. 791-801, 2014.

JAREMTCHUK, C.C.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; ALONSO, D.G.; ARANTES, J.G.Z.; BIFFE, D.F.; ROSO, A.C.; CAVALIERI, S.D. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 191-196, 2009.

KUVA, M.A.; FERRAUDO, A.S.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; SALGADO, T.P. Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema de cana-crua. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 549-557, 2008.

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J.B. Comportamento de pesticidas em solos: fundamentos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, J.R.G.; LOPES, A.S.; ALVAREZ, V.H. (Ed.). **Tópicos em ciência dos solos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p. 335-400.

LONDERO, E.K.; SCHUMACHER, M.V.; RAMOS, L.O.O.; RAMIRO, G.A.; SZYMEZAK, D.A. Influência de diferentes períodos de controle e convivência de plantas daninhas em eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 441-447, 2012.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 362 p.

MANTZOS, N.; KARAKITSOU, A.; HELA, D.; PATAKIOUTAS, G.; LENETI, E.; KONSTANTINO, I. Persistence of oxyfluorfen in soil, runoff water, sediment and plants of a sunflower cultivation. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 472, p. 767-777, 2014.

MARCHI, S.R.; PITELLI, R.A.; BEZUTTE, A.J.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S.F. Efeito de períodos de convivência e de controle das plantas daninha na cultura de *Eucalyptus grandis*. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1995, Curitiba. **Anais...** Piracicaba: CNPF; IPEF; UNESP; SIF; FUPEF, 1995. p. 122-133.

MARCHIORI JR., O.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; INOUE, M.H.; PIVETTA, J.P.; CAVALIERI, S.D. Efeito residual de isoxaflutole após diferentes períodos de seca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 491-499, 2005.

MARTINEZ, C.O.; SILVA, C.M.M.S.; FAY, E.F.; ABAKERLI, R.B.; MAIA, A.H.N.; DURRANT, L.R. The effects of moisture and temperature on the degradation of sulfentrazone. **Geoderma**, Amsterdam, v. 147, p. 56-62, 2008a.

MARTINEZ, C.O.; SILVA, C.M.M.S.; FAY, E.F.; MAIA, A.H.N.; ABAKERLI, R.B.; DURRANT, L.R. Degradation of the sulfentrazone in a Brazilian typic hapludox soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Amsterdam, v. 40, p. 879-886, 2008b.

MARTINS, D.; VELINI, E.D.; MARTINS, C.C.; SOUZA, L.S. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n. 1, p.151-161, 1999.

MAZUCHELI, J.; ACHCAR, J.A. Algumas considerações em regressão não linear. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 6, p.1761-1770, 2002.

McCLAUGHERTY, C.; BERG, B. **Soils and decomposition**. Chichester: eLS, 2011.

MEDEIROS, W.N.; MELO, C.A.D.; TIBURCIO, R.A.S.; SILVA, G.S.; MACHADO, A.F.L.; TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A. Crescimento iniciais e concentração de nutrientes em clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob interferência de plantas daninhas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 147-157, 2016.

MELO, C.A.D.; MEDEIROS, W.N.; TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; TIBURCIO, R.A.; FERREIRA, L.R. Lixiviação de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen no perfil de três solos. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 385-392, 2010a.

MELO, C.A.D.; MEDEIROS, W.N.; TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, G.L.; PAES, F.A.S.V.; REIS, M.R. Efeito residual de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen em três solos. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 835-842, 2010b.

MITRA, S.; BHOWMIK, P.C.; XING, B. Sorption and desorption of the diketone nitrile metabolite of isoxaflutole in soils. **Environmental Pollution**, Barking, v. 108, p. 183-190, 2000.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; SILVA, A.C.; SILVA, P.V.; BINHA, D.P. Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 613-619, 2007.

MONQUERO, P.A.; BINHA, D.P.; AMARAL, L.R.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C.; INACIO, E.M. Lixiviação de clomazone + ametryn, diuron + hexazinone e isoxaflutole em dois tipos de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 685-691, 2008a.

MONQUERO, P.A.; SILVA, A.C.; BINHA, D.P.; AMARAL, L.R.; SILVA, P.V.; INACIO, E.M. Mobilidade e persistência de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n.1, p. 411-417, 2008b.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. D. Xenobióticos no solo. In: _____. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. UFLA, 2006. cap. 8, p. 263-311.

MUSUMECI, M.R. Defensivos agrícolas e sua interação com a microbiota do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 341-360.

NEGRISOLI, E.; CORREA, M.R.; ROSSI, C.V.S.; CARBONARI, C.A.; VELINI, E.D.; PERIM, L. Eficácia do herbicida oxyfluorfen com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 197-203, 2009.

NICOLAI, M. **Fluxos de emergência, épocas de aplicação de herbicidas e sistemas de manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar**. 2009. 158 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

NKOA, R.; OWEN, M.D.K.; SWANTON, C.J. Weed abundance, distribution, diversity, and community analyses. **Weed Science**, Champaign, v. 63, n. sp. 1, p. 64-90, 2015.

OLIVEIRA, M.F.; BRIGHENTI, A.M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. In: oliveira jr, r.s.; constantin, j.; inoue, m.h. **biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 125-139.

OLIVEIRA JR., R.S. Introdução ao controle químico. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 125-139.

OLIVEIRA JR., R.S.; MARCHIORI JR., O.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. Influência do período de restrição hídrica na atividade residual de isoxaflutole no solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 733-740, 2006.

PALLETT, K.E.; LITTLE, J.P.; SHEEKEY, M.; VEERASEKARAN, P. The mode of action of isoxaflutole. I. Physiological effects, metabolism, and selectivity. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 62, p. 113-124, 1998.

PALLETT, K.E.; CRAMP, S.M.; LITTLE, J.P.; VEERASEKARAN, P.; CRUDACE, A.J.; SLATER, A.E. Isoxaflutole: the background to its discovery and the basis of its herbicidal properties. **Pest Management Science**, London, v. 57, p. 133-142, 2001.

PEREIRA, F.C.M.; YAMAUTI, M.S.; ALVES, P.L.C.A. Interação entre manejo de plantas daninhas e adubação de cobertura no crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 941-949, 2012.

PITELLI, R.A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 1-24, 1987.

PITELLI, R.A.; MARCHI, S.R. Interferência das plantas daninhas invasoras nas áreas de reflorestamento. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 3., 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: FUNEP, 1991. p. 1-12.

PRATA, F.; LAVORENTI, A. Comportamento de herbicidas no solo: influência da matéria orgânica. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 17-22, 2000.

REEDY, K.N.; LOCKE, M.A. Sulfentrazone sorption, desorption, and mineralization in soils from two tillage systems. **Weed Science**, Champaign, v. 46, n. 4, p. 494-500, 1998.

ROCHA, P.R.R.; SILVA, A.F.; FARIA, A.T.; GALON, L.; FERREIRA, E.A.; FELIPE, R.S.; SILVA, A.A.; DIAS, L.A.S. Seletividade de herbicidas pré-emergentes ao pinhão-mansão (*Jatropha curcas*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 801-806, 2010.

RODRIGUES, B.N. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 11, n. 1/2, p. 21-28, 1993.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Autores, 2011. 696 p.

SALGADO, T.P.; ALVES, P.L.C.A.; KUVA, M.A.; TAKAHASHI, E.N.; DIAS, T.C.S.; LEME, L.N. Sintomas da intoxicação inicial de *Eucalyptus* proporcionados por subdoses de glyphosate aplicados no caule ou nas folhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 913-922, 2011.

SIGNOR, D.; DIONÍSIO, J.A. Decomposição de resíduos orgânicos. In: DIONÍSIO, J.A.; PIMENTEL, I.C.; SIGNOR, D.; PAULA, A.M.; MACEDA, A.; MATTANA, A.L. **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba: SBCS; NEPAR, 2016. p. 84-88.

SILVA, A.A. da; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JR., R.S.de. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A.A. da; SILVA, J.F. da. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2012. p. 189-248.

SILVA, A.A. da; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B; Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A.A da; SILVA, J.F. da. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2012. p. 63-81.

SILVA, G.S.; MELO, C.A.D.; FIALHO, C.M.T.; TUFFI SANTOS, L.D.; COSTA, M.D.; SILVA, A.A. Impacto de sulfentrazona, isoxaflutol e oxyfluorfen sobre a microbiota de dois solos florestais. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 292-299, 2014.

SILVA, J.R.V. da; ALVES, P.L.C.; TOLEDO, R.E.B. Weed control strip influences the initial growth of *Eucalyptus grandis*. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 34, n. 1, p. 29-35, 2012.

SIMONI, F.; VICTORIA FILHO, R.; SAN MARTIN, H.A.; SALVADOR, F.L.; ALVES, A.S.R.; BREMER NETO, H. Eficácia de imazapic e sulfentrazone sobre *Cyperus rotundus* em diferentes condições de chuva e palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 769-778, 2006.

SIMS, G.K.; TAYLOR-LOVELL, S.; TARR, G.; MASKEL, S. Role of sorption and degradation in the herbicidal function of isoxaflutole. **Pest Management Science**, London, v. 65, p. 805–810, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina, 1995. 42 p.

SONDHIA, S. Persistence and bioaccumulation of oxyfluorfen residues in onion. **Environmental Monitoring and Assessment**, Amsterdam, v. 162, n. 1, p.163-168, 2010.

SOUZA, A.P.; LOURES, E.G.; SILVA, J.F.; RUIZ, H.A. Efeito do oxyfluorfen, 2,4D e glyphosate na atividade microbiana de solos com diferentes texturas e conteúdos de matéria orgânica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 55-64, 1996.

SZMIGIELSKI, A.M.; SCHOENAU, J.J.; JOHNSON, E.N.; HOLM, F.A.; SAPSFORD, K.L.; LIU, J. Development of a laboratory bioassay and effect of soil properties on sulfentrazone phytotoxicity in soil. **Weed Technology**, Champaign, v. 23, p. 486-491, 2009.

TAKAHASHI, E.N.; ALVES, P.L.C.A.; SALGADO, T.P.; FARIAS, M.A.; SILVA, A.C.; BIAGGIONI, B.T. Consequências da deriva de clomazone e sulfentrazone em clones de *E. grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 675-683, 2009.

TAROUCO, C.P.; AGOSTINETTO, D.; PANOZZO, L.E.; SANTOS, L.S.; VIGNOLO, G.K.; RAMOS, L.O.O. Períodos de interferência de plantas daninhas na fase inicial de crescimento do eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1131-1137, 2009.

TAYLOR-LOVELL, S.; SIMS, G.K.; WAX, L.M.; HASSETT, J.J. Hydrolysis and soil adsorption of the labile herbicide isoxaflutole. **Environment Science Technology**, Washington, v. 34, p. 3186-3190, 2000.

TAYLOR-LOVELL, S.; SIMS, G.K.; WAX, L.M. Effects of moisture, temperature, and biological activity on the degradation of isoxaflutole in soil. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Oxford, v. 50, p. 5626-5633, 2002.

TEIXEIRA, J.; HAKAMADA, R.E.; POLLI, H.Q.; BAZANI, J.H. Manejo de plantas daninhas através do uso de herbicidas em pré-emergência em área total com enfoque na mecanização. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 20, n. 41, p. 47-58, 2015.

TESSMANN, D.J. Controle biológico: aplicações na área de ciência das plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 79-93.

TIBURCIO, R.A.S. **Seletividade de herbicidas para eucalipto visando extensão de uso para sistemas agrossilviculturais**. 2010. 55 p. Dissertação (Mestre em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

TIBURCIO, R.A.S.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; MACHADO, M.S.; MACHADO, A.F.L. Controle de plantas daninhas e seletividade do flumioxazin para eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 523-531, 2012.

TOLEDO, R.E.B. de. **Faixas de períodos de controle de plantas daninhas e seus reflexos no crescimento do eucalipto**. 2002. 130 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

TOLEDO, R.E.B.; VICTÓRIA FILHO, R.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; LOPES, M.A.F. Efeito de períodos de controle de plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 395-404, 2000.

TOLEDO, R.E.B.; VICTÓRIA FILHO, R.; BEZUTTE, A.J.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; VALLE, C.F. do; ALVARENGA, S.F. Períodos de controle de *Brachiaria* sp e seus reflexos na produtividade de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 18, n. 63, p. 221-232, 2003.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em ciência dos solos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 195-276.

TUFFI SANTOS, L.D.; SANTOS, I.C.; OLIVEIRA, C.H.; SANTOS, M.V.; FERREIRA, F.A.; QUEIROZ, D.S. Levantamento fitossociológico em pastagens degradadas sob condições de várzea. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 343-349, 2004.

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.

TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; MACHADO, A.F.L.; VIANA, R.G. Manejo e controle de plantas daninhas em eucalipto. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008a. p. 739-777.

TUFFI SANTOS, L.D.; SANT'ANNA-SANTOS, B.F.; MEIRA, R.M.S.A.; TIBURCIO, R.A.S.; FERREIRA, F.A.; MELO, C.A.D.; SILVA, E.F.S. Danos visuais e anatômicos causados pelo glyphosate em folhas de *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 9-16, 2008b.

VELINI, E.D. Manejo integrado de plantas daninhas em florestamentos. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2., 2011, Campinas. **Anais...** Piracicaba: PTSM; IPEF; ESALQ; FUPEF, 2011. p. 135-136.

VELINI, E.D.; TRINDADE, M.L.B.; BARBERIS, L.R.M.; DUKE, S.O. Growth regulation and other secondary effects of herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 58, p. 351-354, 2010a.

VELINI, E.D.; CARBONARI, C.A.; QUEIROZ, C.A.; SILVA, J.R.M.; GOMES, G.L.G.C. Disponibilidade no solo e eficácia do sulfentrazone no controle de plantas daninhas em área de produção de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBPCPD, 2010b. p. 2734-2737.

VELINI, E.D.; ALVES, E.; GODOY, M.C.; MESCHÉDE, D.K.; SOUZA, R.T.; DUKE, S.O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, London, v. 64, p. 489-496, 2008.

VIVIAN, R.; REIS, M.R.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A.F.; GUIMARÃES, A.A.; SANTOS, J.B.; SILVA, A.A. Persistência de sulfentrazone em argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.

WAGNER, R.G.; LITTLE, K.M.; RICHARDSON, B.; McNABB, K. The role of vegetation management for enhancing productivity of the world's forests. **Forestry**, London, v. 79, n. 1, p. 57-79, 2006.

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J.C.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; MEDEIROS, A.G.B.; SOUZA-SILVA, A. Combate sistemático de formigas-cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 387-392, 2003.

ZEN, S.; YONEZAWA, J.T; FELDEBERG, J.E. Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1995, Curitiba. **Anais...** Piracicaba: CNPF; IPEF; UNESP; SIF; FUPEF, 1995. p. 122-133.