

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**William Gomes Montes**

**Aplicação dirigida de herbicidas em pré e pós-corte para controle de brotações de eucalipto**

**Montes Claros**  
**2019**

**William Gomes Montes**

**Aplicação dirigida de herbicidas em pré e pós-corte para controle de brotações de eucalipto**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

**Orientador:** Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos

**Coorientador:** Prof. Dr. Leandro Silva de Oliveira

Montes Claros  
Fevereiro de 2019

M779a Montes, William Gomes.  
2019

Aplicação dirigida de herbicidas em pré e pós-corte para controle de brotações de eucalipto / William Gomes Montes. Montes Claros, 2019.  
68 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Área de concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos.

Banca examinadora: Prof. Dr. Edy Eime Pereira Baraúna, Prof. Dr. José Barbosa dos Santos, Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro, Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos.

Inclui referências.

1. Eucalipto. 2. Brotos (Plantas). 3. Defensivos agrícolas. I. Tuffi Santos, Leonardo David. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 630

**William Gomes Montes**

**Aplicação dirigida de herbicidas em pré e pós-corte para controle de brotações de eucalipto**

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Edy Eime Pereira Baraúna  
ICA / UFMG

Prof. Dr. José Barbosa dos Santos  
FCA / UFVJM

Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro  
ICA / UFMG

---

Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos  
Orientador – ICA / UFMG

Montes Claros, 07 de fevereiro de 2019.

Dedico ao meu Pai Evandro (*In memoriam*), minha mãe Cláudia, minhas irmãs Camila e Maria Cecília e aos demais familiares e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar força e saúde durante a pós-graduação e por manter minha fé durante os momentos difíceis.

Aos meus pais, Cláudia e Evandro pelo carinho, amor e incentivo.

As minhas irmãs, Camila e Maria Cecília, por todo afeto que me manteve apto a executar este trabalho.

À toda minha família e amigos pelo carinho e companheirismo.

Aos amigos do Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas sem os quais este trabalho não seria realizado.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Instituto de Ciências Agrárias por fornecerem infraestrutura e as condições necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e demais docentes do Instituto de Ciências Agrárias pelo fornecimento do conhecimento acadêmico e científico.

Ao professor e orientador Leonardo David Tuffi Santos pela confiança, orientação e colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Leandro Silva de Oliveira pelos ensinamentos e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento de parte dos estudos desenvolvidos.

À Plantar Siderúrgica S.A. e seus colaboradores pela parceria técnico-científica formalizada com o Instituto de Ciências Agrárias para implantação, condução e avaliação dos experimentos realizados.

Muito obrigado!

“Eu vou chegar, pedir e agradecer, pois a vitória de um homem às vezes se esconde num gesto forte que só ele pode ver”.

O Rappa

## APLICAÇÃO DIRIGIDA DE HERBICIDAS EM PRÉ E PÓS-CORTE PARA CONTROLE DE BROTAÇÕES DE EUCALIPTO

### RESUMO

Após o corte do fuste útil das árvores de eucalipto observa-se a emissão de brotações nas cepas remanescentes que podem prejudicar o desenvolvimento das mudas implantadas posteriormente. Neste caso, é comum observar a pulverização de herbicidas sobre a rebrota do eucalipto antes da reforma dos plantios para controle das brotações. Porém, geralmente, necessita-se de várias intervenções de controle devido ao elevado vigor das brotações e inadequado uso das tecnologias de aplicação. Portanto, dois trabalhos foram desenvolvidos em áreas de plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, para avaliar a eficiência de diferentes métodos de aplicação sobre o controle de brotações do eucalipto. No primeiro trabalho foram desenvolvidos dois experimentos, os quais consistiram da aplicação de doses de glyphosate ou imazapyr, onde em ambos foi utilizado o método de aplicação pós-corte. Ambos os experimentos foram implantados com 5 repetições e 5 tratamentos, correspondentes a 5 doses de glyphosate (0; 0,84; 1,67; 2,50; e 3,34 L e.a. ha<sup>-1</sup>) para o primeiro experimento e 5 doses de imazapyr (0; 0,028; 0,083; 0,140; e 0,195 L i.a. ha<sup>-1</sup>) para o segundo experimento. A aplicação dos herbicidas foi realizada de forma dirigida sobre a superfície das cepas, entre 42 e 48 horas após corte das árvores de eucalipto. No segundo trabalho, o experimento foi implantado com 7 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos corresponderam a um tratamento testemunha, sem aplicação de herbicidas, além da aplicação de doses de glyphosate (1,08; 1,44; e 1,80 mL e.a. por árvore) e imazapyr (0,075; 0,125; e 0,175 mL i.a. por árvore), com uso do método de aplicação pré-corte, o qual consistiu da aplicação dos herbicidas de forma dirigida sobre inserções realizadas no fuste de árvores de eucalipto antes do corte raso. Em ambos os trabalhos foram realizadas avaliações do número de brotações por cepa, número de cepas com presença de brotações, altura e eficiência de controle das brotações. No trabalho com o método de aplicação pós-corte, observou-se que a aplicação de glyphosate e imazapyr promoveu redução elevada do desenvolvimento e vigor das brotações. As brotações provenientes de cepas sem aplicação de herbicida apresentaram, em média, 8,0 kg de massa verde e 3,0 m de altura. Em contrapartida, a aplicação de doses crescentes de glyphosate e imazapyr promoveu redução acentuada nos valores de altura e massa verde das brotações. As maiores doses de glyphosate testadas promoveram valores superiores a 90% de eficiência de controle, os quais permitiram um índice de controle satisfatório que não demandaria aplicações de controle adicionais. No trabalho com o método de aplicação pré-corte, observou-se que a aplicação de glyphosate promoveu redução no desenvolvimento e vigor das brotações, ainda que tenha sido observado a emissão de brotações em pelo menos 80% das cepas avaliadas. A aplicação de 3,0 mL de glyphosate promoveu valores próximos a 80% de eficiência de controle. Porém, observou-se que a partir dos índices de controle obtidos, provavelmente, seriam necessárias operações de controle adicionais. A aplicação de imazapyr mostrou-se ineficiente com valores inferiores a 25% de eficiência de controle. Conclui-se que o método de controle pós-corte, a partir da aplicação dirigida de glyphosate, apresenta potencial uso no controle de brotações de eucalipto após necessárias adaptações para tornar a atividade operacional. Adicionalmente, o método de controle pré-corte, a partir da aplicação dirigida de glyphosate, reduz o desenvolvimento e vigor das brotações de eucalipto, porém demanda novas intervenções para atingir níveis satisfatórios de controle.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus*. Brotações indesejadas. Erradicação de brotações. Manejo químico.



## PRE-HARVEST AND POST-HARVEST HERBICIDE APPLICATION TO *Eucalyptus* COPPICE CONTROL

### ABSTRACT

After eucalyptus trees harvesting there are emission of new sprouts that develop on the remaining stumps. These sprouts can affect the development of the seedlings posteriorly implanted. In this case it is common to use herbicides pulverization on the eucalyptus coppice before the planting reform to control the unwanted sprouts, however, usually are necessary many control operations due to the sprouts high vigor and the inadequate use of the application technologies. Therefore, two studies were developed in *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* plantings to assess the efficiency of different application methods on the eucalyptus's coppice control. In the first study there were developed two experiments, which consisted on the application of glyphosate or imazapyr doses, where both herbicides were applied using the post-harvest application method. Both experiments were imposed with 5 replicates and 5 treatments, equivalents to 5 glyphosate's doses (0; 0,84; 1,67; 2,50; e 3,34 L e.a. ha<sup>-1</sup>) for the first experiment and 5 imazapyr's doses (0; 0,028; 0,083; 0,140; e 0,195 L i.a. ha<sup>-1</sup>) for the second experiment. The herbicides spraying was carried out upon the eucalypt cut stump surface between 42 and 48 hours after eucalypts trees harvesting. In the second study the experiment was imposed with 7 treatments and 4 replicates. The treatments were equivalents to a control treatment, without herbicide application, besides the application of glyphosate doses (1,08; 1,44; e 1,80 mL e.a. per tree) and imazapyr doses (0,075; 0,125; e 0,175 mL i.a. per tree) using the pre-harvesting application method, which consisted of the directed spraying of the herbicides on incisions carried out on the stem of the trees before harvesting. In both studies we have carried out assessments about the number of sprouts per stump, number of stump with presence of coppice, height and control efficiency of the coppice. In the first study, where the herbicide was applied using the post-harvest method, it was observed that the application of both glyphosate and imazapyr promoted high reduction of the coppice's development and vigor. The coppice from stumps which there were not herbicide spraying showed medium values next to 8,0 kg of biomass and 3,0 m of height. On the other hand, the application of the increasing doses of glyphosate and imazapyr promoted high reduction in the coppice's height and biomass values. The highest doses of glyphosate applied have promoted values highest than 90% of control efficiency, which led a satisfactory control level that would not demand new control operations. In the second study, where the herbicide was applied pre-harvesting, it was observed that the glyphosate spraying promoted reduction of the coppice's development and vigor, although it was observed the development of coppice in at least 80% of the assessed stumps. The application of 3,0 mL of glyphosate promoted values next to 80% of control efficiency. However, it was observed that, probably, would be necessary new control operations as the control efficiency levels were not so satisfactory. The application of imazapyr presented low efficiency levels which was observed values less than 25% of control efficiency. In is concluded that the post-harvest control method, from the directed application of glyphosate, presents potential use in the control of eucalypt shoots, after the necessary adaption to make operational this activity. Additionally, the pre-harvest control method, from the directed application of glyphosate, reduces the development and vigor of eucalyptus shoots, but demands new control operations to reach satisfactory levels of control.

**Keywords:** *Eucalyptus*. Unwanted sprouts. Sprouts eradication. Chemical management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>4.1 ARTIGO 1 - Aplicação dirigida de glyphosate e imazapyr em cepas de eucalipto no controle de brotações</b> .....	29
FIGURA 1 – Precipitação média mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) na área experimental, no município de Itacambira-MG, durante o período de agosto de 2017 a abril de 2018.....	34
FIGURA 2 – Aplicação de doses de glyphosate e imazapyr na superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> , 42 horas pós-corte das árvores. A – cepas de eucalipto após corte com presença de resíduos sobre sua superfície; B – cepas de eucalipto após limpeza; C – diluição das doses em recipientes plásticos com volume de 5 L; D – recipientes plásticos com volume de 500 mL utilizados para aplicação das doses de herbicida; E – seringas plásticas graduadas utilizadas para aplicação de 15 mL de calda e F – superfície das cepas de eucalipto durante a aplicação das doses de herbicida .....	36
FIGURA 3 – Escala de eficiência de controle de brotações de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> aos 225 dias após aplicação de herbicida na superfície de corte das cepas, 42 horas após corte das árvores ....	37
FIGURA 4 – Percentual médio de cepas com emissão de brotações (%) em função de doses de glyphosate (Touchdown® 500g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	38
FIGURA 5 – Número médio de brotações por cepa em função de doses de glyphosate (Touchdown® 500g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	39
FIGURA 6 – Altura média (m) de brotações em função de doses de glyphosate (touchdown® 500g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	40
FIGURA 7 – Valores médios da massa verde (kg) da parte aérea de brotações em função de doses de glyphosate (Touchdown® 500g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	40
FIGURA 8 – Eficiência de controle (%) de brotações em função de doses de glyphosate (Touchdown® 500g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	41
FIGURA 9 - Caracterização das parcelas experimentais em função de doses de glyphosate (Touchdown® 500g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> . A – aplicação de 1,67 L ha <sup>-1</sup> ; B – aplicação de 3,33 L ha <sup>-1</sup> ; C – aplicação de 5,0 L ha <sup>-1</sup> ; 6 – aplicação de 6,67 L ha <sup>-1</sup> .....	41
FIGURA 10 – Percentual médio de cepas com emissão de brotações (%) em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal® 250g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> . .....	42

FIGURA 11 – Número médio de brotações por cepa em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal® 250g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	43
FIGURA 12 – Altura média (m) de brotações em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal® 250g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	44
FIGURA 13 – Valores médios da massa verde (kg) da parte aérea de brotações em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal® 250g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	44
FIGURA 14 – Eficiência de controle (%) de brotações em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal® 250g e.a. l <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	45
FIGURA 15 - Caracterização das parcelas experimentais em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal® 250g e.a. l <sup>-1</sup> ) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> . A – aplicação de 0,11 L ha <sup>-1</sup> ; B – aplicação de 0,33 L ha <sup>-1</sup> ; C – aplicação de 0,56 L ha <sup>-1</sup> ; D – aplicação de 0,78 D ha <sup>-1</sup> .....	45
<b>4.2 ARTIGO 2 – Aplicação dirigida de glyphosate e imazapyr em pré-corte no controle de brotações de eucalipto</b> .....	55
FIGURA 1 – Precipitação média mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) na área experimental, no município de Itacambira-MG, durante o período de junho a dezembro de 2018.....	59
FIGURA 2 – Escala de eficiência de controle de brotações de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> aos 150 dias após aplicação em pré-corte de doses de glyphosate e imazapyr .....	61

## LISTA DE TABELAS

<b>4.1 ARTIGO 1 - Aplicação dirigida de glyphosate e imazapyr em cepas de eucalipto no controle de brotações</b> .....	29
TABELA 1 – Descrição dos tratamentos do experimento 1, com aplicação de doses de glyphosate sobre a superfície de corte das cepas de eucalipto após 42 horas do abate das árvores .....	35
TABELA 2 – Descrição dos tratamentos do experimento 2, com aplicação de doses de imazapyr sobre a superfície de corte das cepas de eucalipto após 42 horas do abate das árvores .....	35
TABELA 3 – Comparativo entre técnicas de eliminação da brotação (aos 227 dias após o corte) de cepas de eucalipto pelo método de controle convencional* ou pós-corte.....	49
<b>4.2 ARTIGO 2 – Aplicação dirigida de glyphosate e imazapyr em pré-corte no controle de brotações de eucalipto</b> .....	55
TABELA 1 – Descrição dos tratamentos, com aplicação de doses de glyphosate (Gli-up® - 360 g i.a. L <sup>-1</sup> ) e imazapyr (Chopper Florestal® - 250 g e.a. L <sup>-1</sup> ) aplicados em pré-corte sobre inserções realizadas no fuste de árvores eucalipto .....	60
TABELA 2 – Percentual médio de cepas com emissão de brotações (%) e número de brotações por cepa em função de doses de glyphosate (Gli-up® 360 g i.a. L <sup>-1</sup> ) e imazapyr (Chopper Florestal 250 g i.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas de forma dirigida em pré-corte sobre o fuste de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	62
TABELA 3 – Eficiência de controle (%) e altura média (m) de brotações em função de doses de glyphosate (Gli-up® 360 g i.a. L <sup>-1</sup> ) e imazapyr (Chopper Florestal 250 g i.a. L <sup>-1</sup> ) aplicadas de forma dirigida em pré-corte sobre o fuste de um clone <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	62

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
3.1	GÊNERO <i>EUCALYPTUS</i> .....	15
3.2	CONTROLE DE BROTAÇÕES INDESEJADAS .....	16
3.3	MÉTODOS DE CONTROLE DE BROTAÇÕES .....	18
3.3.1	CONTROLE MANUAL .....	18
3.3.2	CONTROLE QUÍMICO .....	19
3.4	IMAZAPYR .....	20
3.5	GLYPHOSATE .....	21
3.6	REFERÊNCIAS .....	23
<b>4</b>	<b>ARTIGOS</b> .....	<b>29</b>
4.1	ARTIGO 1 - Aplicação dirigida de glyphosate e imazapyr em cepas de eucalipto no controle de brotações .....	29
4.2	ARTIGO 2 – Aplicação dirigida de glyphosate e imazapyr em pré-corte no controle de brotações de eucalipto .....	55
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A silvicultura brasileira apresenta elevada produtividade e menor período de rotação em plantios de eucalipto em comparação a outros importantes países produtores. Para garantir tal produtividade são necessárias diversas práticas de manejo silvicultural que garantam o desenvolvimento e estabelecimento inicial da floresta. O Brasil apresenta destaque no desenvolvimento de práticas silviculturais promotoras de produtividade, sobretudo na cultura do eucalipto. Porém, práticas silviculturais relacionadas ao controle de brotações ainda são consideradas ineficientes em plantios de eucalipto devido ao uso recorrente de herbicidas.

Após o corte do fuste útil ao final do ciclo de rotação, muitas espécies de eucalipto apresentam capacidade de rebrota. As brotações que emergem das cepas remanescentes são provenientes de gemas adventícias presentes na base do tronco. Estas brotações apresentam alta taxa de crescimento inicial, principalmente devido ao sistema radicular da “árvore matriz”, capaz de explorar camadas profundas do solo e, conseqüentemente, possibilitar o fornecimento de grande quantidade de recursos de crescimento às brotações em desenvolvimento. Assim, mesmo após a aplicação de herbicidas, muitas vezes, observa-se baixa eficiência de controle ou nova emissão de brotações, o que leva a necessidade de novas intervenções de manejo.

Os métodos de manejo de brotações indesejadas do eucalipto se resumem ao uso do controle mecanizado e do controle químico, sendo esse último usado com maior frequência com a aplicação de herbicidas sistêmicos sobre a rebrota do eucalipto com porte em altura de pelo menos 0,90 m, variando de acordo com as condições operacionais e de regulação das barras de pulverização. Este porte é necessário para que durante as operações de controle haja área foliar suficiente para absorção e translocação do herbicida na planta. Porém, devido ao elevado vigor das brotações e, em alguns casos, ao uso ineficiente das tecnologias de aplicação são necessárias duas ou mais intervenções de controle.

A repetição de intervenções de controle leva a baixa eficiência da atividade e ao aumento dos custos de controle, assim como maior gasto de herbicidas e água para preparo da solução. Além do custo financeiro, há conseqüências negativas para a sociedade e ambiente, notadamente, mediante risco de proibição de uso de alguns princípios ativos pelos órgãos regulamentadores. Em vista disso, torna-se necessário buscar alternativas que visem à redução do uso de herbicida e água durante as operações de controle concomitantemente com a busca por maior eficiência no controle de brotações.

Neste contexto, os métodos de aplicação de herbicidas em pré-corte de forma dirigida no fuste de árvores ou em pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de cepas podem viabilizar melhores índices de controle de brotações de eucalipto. Ambos os métodos são realizados a partir da aplicação dirigida dos herbicidas, o que pode representar vantagens operacionais e ambientais adicionais como, por exemplo, a redução do consumo de água e herbicida nas atividades de controle e também a redução dos riscos de contato do produto aplicado sobre organismos não-alvo e com o solo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a eficiência dos herbicidas glyphosate e imazapyr, aplicados em pré e pós-corte, sobre o controle de brotações do eucalipto.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar o potencial dos métodos de aplicação em pré e pós-corte no controle de brotações indesejadas;
- Avaliar a eficiência no controle de brotações indesejadas dos herbicidas glyphosate e imazapyr aplicados em pós-corte diretamente sobre a superfície de cepas de eucalipto;
- Avaliar a eficiência dos herbicidas glyphosate e imazapyr aplicados em pré-corte diretamente sobre o fuste de árvores de eucalipto no controle de brotações indesejadas.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e compreende mais de 700 espécies com origem principalmente na Austrália, além de ocorrência de espécies nativas na Nova Guiné, Indonésia e Filipinas (BROOKER, 2003; OECD, 2014). O eucalipto foi introduzido no Brasil no início do século XX, onde os primeiros plantios tinham como objetivo o fornecimento de madeira na forma de lenha e dormente para utilização em ferrovias (FERREIRA et al., 2010). Posteriormente, nos anos 1920 iniciou-se o aproveitamento da madeira de eucalipto para produção de carvão vegetal (FERREIRA et al., 2010) e no início dos anos 1960 iniciou-se os plantios destinados à produção de celulose (DOSSA et al., 2002), principalmente pela descoberta da possibilidade de propagação por estaquia e das técnicas de clonagem (ALFENAS et al., 2009).

Devido aos incentivos fiscais que ocorreram entre os anos de 1960 e 1980 houve aumento significativo de plantios de eucalipto no Brasil (DOSSA et al., 2002). Nos anos 1960 a produtividade média era de aproximadamente  $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , porém com as melhorias atuais no preparo das áreas de plantio, fertilização, controle de formigas e plantas daninhas, além do desenvolvimento da propagação clonal e programas de melhoramento genético a produtividade média foi triplicada (GONÇALVES et al., 2008; 2013; 2014), onde atualmente os plantios são realizados principalmente com clones (WAGNER et al., 2006).

As florestas plantadas são importantes para suprir a crescente demanda de madeira no mundo e ao mesmo tempo por reduzir a pressão sobre florestas nativas (BAUHUS et al., 2010; VIDAL et al., 2015), apesar dos potenciais impactos causados durante o estabelecimento e condução de tais florestas. O eucalipto é considerado a espécie florestal folhosa mais plantada em todo o mundo (MYBURG et al., 2014), caracterizado por altas densidades de plantio e baixos períodos de rotação (FERRAZ FILHO et al., 2014). O Brasil é considerado o 8º país com maior área de florestas plantadas com aproximadamente 7,8 milhões de hectares (PAYN et al., 2015; IBÁ, 2017). Em relação à plantios de eucalipto, o Brasil e a Índia apresentam as maiores áreas de florestas plantadas (OCDE, 2014), onde no Brasil cerca de 5,7 milhões de hectares são destinados a plantios desta espécie (IBÁ, 2017), o que representa quase 25% da área total global de florestas plantadas de eucalipto (GONÇALVES et al., 2013).

A madeira de eucalipto apresenta diversas finalidades como extração de celulose para produção de papel e derivados, produção de carvão vegetal, produção de painéis de madeira e laminados, utilização em serrarias, entre outros (GONÇALVES et al., 2008; 2013; FERRAZ FILHO et al., 2014). Os setores de celulose e de siderurgia à base de carvão vegetal apresentam destaque no uso da madeira de eucalipto onde aproximadamente 34 e 14%, respectivamente, da área plantada com espécies do gênero *Eucalyptus* são destinadas a estes segmentos (IBÁ, 2017).

Os plantios destinados à produção de carvão vegetal também são implantados levando-se em conta o material genético utilizado e as práticas silviculturais para que se obtenha madeira com qualidade desejada para fins energéticos (OLIVEIRA et al., 2010). O eucalipto pode ser cultivado em várias regiões do Brasil e do mundo com diferentes condições edafoclimáticas, devido à alta variabilidade de espécies e híbridos (GONÇALVES et al., 2014; VARGAS et al., 2018). Entre as



principais espécies utilizadas destaca-se o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* por apresentar adaptação a déficit hídrico de baixo a moderado e a solos de baixa fertilidade. Além deste híbrido, também se destaca os plantios com híbridos de *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, *E. grandis* x *E. camaldulensis*, além das espécies puras de *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. globulus* (GONÇALVES et al., 2008).

O Brasil apresenta maior média de produção por hectare com cerca de 36 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e menor período de rotação em relação a outros importantes produtores mundiais (IBÁ, 2017). O período de rotação das florestas plantadas com espécies do gênero *Eucalyptus* no Brasil pode variar de 6 a 8 anos com possibilidade de condução posterior pelo sistema de talhadia (WAGNER et al., 2006; HUBBARD et al., 2010; GONÇALVES et al., 2008; 2013). Porém, apesar de apresentar rápido crescimento, as espécies do gênero *Eucalyptus* podem sofrer interferência por plantas daninhas, principalmente nos primeiros anos de cultivo (TUFFI SANTOS et al., 2006; GARAU et al., 2009). O período crítico é caracterizado pelo intervalo entre o ponto onde a competição reduz o rendimento da colheita e o ponto em que o controle adicional não promove incremento produtivo (GARAU et al., 2009). Assim, torna-se necessário utilizar tratos silviculturais que garantam o estabelecimento e bom desenvolvimento inicial da floresta.

O controle de plantas daninhas a partir da aplicação dirigida de glyphosate é comum nos primeiros anos de cultivo do eucalipto para garantir o desenvolvimento inicial e a produtividade (TUFFI SANTOS et al., 2006; COSTA et al., 2012). Entretanto, outro fator que pode afetar o desenvolvimento inicial e a produtividade da floresta é a presença de brotações de eucalipto. Após o corte da madeira observa-se a emissão de novas brotações nas cepas remanescentes de várias espécies de eucalipto o que torna uma ótima alternativa para condução pelo sistema de talhadia (FERRAZ FILHO et al., 2014; ROCHA et al., 2018). Porém como ocorre a emissão de muitas brotações, que apresentam rápido crescimento, torna-se necessário o controle tanto para a reforma do plantio quanto para a condução por talhadia, nesse último caso de forma seletiva.

### 3.2 Controle de brotações indesejadas

As espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam capacidade de emitir brotações (MELLO et al., 2007; FERRAZ FILHO et al., 2014; ROCHA et al., 2018) devido à presença de gemas, brotos epicórmicos e lignotubers na casca e na região cambial (CARR et al., 1984; LITTLE; ECCLES, 2000; CLARKE et al., 2013) que favorecem a emissão de novas brotações após distúrbios como incêndios ou o próprio corte das árvores (WILDY; PATE, 2002; BURROWS, 2013; CLARKE et al., 2013). Os lignotubers especificamente são compostos por gemas dormentes que são encontradas nos tecidos secundários do xilema e floema dos lignotubers e são cobertas por tecido parenquimático (CARR et al., 1984; GRAHAM et al., 1998). A formação dos lignotubers ocorre após a germinação e durante o desenvolvimento das plântulas, geralmente, nas partes abaxiais dos cotilédones e das primeiras folhas (CARR et al., 1984; BURROWS, 2013).

A rápida expansão dos lignotubers se deve a alta taxa de divisão celular de suas estruturas cambiais que apresentam como característica tecidos de armazenamento de reservas (CARR et al., 1984) que são fonte de carboidratos não-estruturais que auxiliam no desenvolvimento das brotações (WALTERS et al., 2005). A presença ou não de lignotubers está relacionado à capacidade regenerativa

das espécies de eucalipto, desta forma, torna-se também fator importante para o planejamento de plantios ser conduzidos pelo sistema de talhadia (BROOKER, 2003). Mas, mesmo espécies que não apresentem lignotubers são capazes de emitir brotações após o corte, porém estas estruturas auxiliam o desenvolvimento de brotações em locais onde há condições edafoclimáticas adversas.

A emissão de brotações nas cepas remanescentes está relacionada ao maior gradiente de juvenilidade na parte basal das árvores que, após a perda da dominância apical, emitem novos propágulos a partir de gemas dormentes presentes na cepa (XAVIER et al., 2013). Porém, a emissão das novas brotações pode variar de acordo com a estação do ano (MELLO et al., 2007; SOUZA et al., 2016), método de colheita (SOUZA et al., 2016; MCEWAN et al., 2017; SPINELLI et al., 2017; SCHWEGMAN et al., 2018), nível de radiação solar (RIGUI et al., 2016), condições edafoclimáticas (MELLO et al., 2007; GONÇALVES et al., 2014), tamanho da cepa (FERRAZ FILHO et al., 2014; SPINELLI et al., 2017), presença de resíduos de colheita próximo à cepa (FERRAZ FILHO et al., 2014), material genético e idade das árvores.

Devido à possibilidade de condução de brotações, o manejo do povoamento de eucalipto pelo sistema de talhadia é comum mundialmente, porém há espécies que podem apresentar baixa capacidade de brotação (FERRAZ FILHO et al., 2014). Assim, há dois principais tipos de manejo para reestabelecimento dos plantios de eucalipto após a colheita da madeira que são a reforma da área a partir do plantio de novas mudas ou a condução das brotações pelo sistema de talhadia (FARIA et al., 2002; DRAKE et al., 2009; 2013), onde a decisão final de reestabelecimento é influenciada principalmente por aspectos econômicos (FERRAZ FILHO et al., 2014) e silviculturais. No sistema de talhadia, especificamente, para reduzir os efeitos de competição entre às várias brotações que emergem há necessidade de redução para um, dois ou até três brotos por cepa, dependendo da finalidade de uso da madeira (FERRAZ FILHO et al., 2014). Em empreendimentos com áreas pequenas de floresta é usual o manejo por talhadia, podendo ser realizadas três ou mais rotações por este método de manejo (ROCHA et al., 2018). Entre os dois métodos de rotação, o replantio de mudas traz como vantagem maior produtividade e a condução de brotações redução nos custos de implantação (GUEDES et al., 2011; CROUS; BURGER, 2015; ZHOU et al., 2017). Entretanto, em ambas opções é necessário realizar o controle das brotações que podem vir a competir tanto com as mudas quanto com o broto selecionado para condução.

As cepas remanescentes após o corte da madeira mantêm uma quantidade significativa da biomassa radicular que promove durante o desenvolvimento inicial maior alocação de recursos do solo para a parte aérea em relação às mudas (ANTÓNIO et al., 2007; DRAKE et al., 2009; SOUZA et al., 2016). Teixeira et al. (2002), em estudo para avaliar a dinâmica do crescimento radicular após a colheita de *E. urophylla*, observaram que as reservas radiculares foram uma das principais fontes de nutrientes no desenvolvimento inicial das brotações emitidas após corte das árvores. Adicionalmente, Vega-Nieva et al. (2015) observaram maiores valores de razão de biomassa radicular/aérea em árvores de *E. globulus* conduzidas por talhadia em relação a árvores de primeira rotação, resultado que, segundo os mesmos autores, já era esperado devido à presença de um sistema radicular já estabelecido nas árvores conduzidas pelo sistema de talhadia.

Apesar do rápido crescimento inicial das brotações, estas podem apresentar redução da taxa de crescimento a médio e longo prazo, fato que leva a redução da produtividade ao final do ciclo de rotação

em relação à plantios de áreas de reforma. Tal fato pode ser relacionado à redução do potencial hídrico do solo em áreas de condução por talhadia, pois devido à elevada área foliar das brotações e sistema radicular já desenvolvido há constante absorção de água nestas áreas o que implica em maiores níveis de déficit hídrico e, conseqüentemente, redução no vigor das brotações (GONÇALVES et al., 2014). Mello et al. (2007) observaram maior crescimento em altura de brotações de acordo com a época em que houve maior precipitação pluviométrica após corte, fato observado em duas áreas com diferentes tipos de solo. Adicionalmente, Drake et al. (2009), em estudo realizado na Austrália, observaram nos dois primeiros anos de cultivo que árvores de *E. globulus* conduzidas por talhadia apresentaram maior absorção de água no solo em relação ao cultivo por mudas.

As plantas de eucalipto podem apresentar redução de crescimento quando em competição com plantas daninhas (TUFFI SANTOS et al., 2006; MEDEIROS et al., 2016). O controle de plantas daninhas em estágios iniciais reduz a competição por recursos de crescimento como água, luz e nutrientes. Ao realizar o controle de plantas daninhas as plantas de eucalipto podem não apresentar respostas fisiológicas a longo prazo, porém respostas morfológicas como por exemplo, incremento em área foliar, podem ser observadas, principalmente pela redução de competição por nutrientes do solo (EYLES et al., 2012). A presença de brotações em áreas de reforma pode caracterizá-las como plantas daninhas, devido à capacidade de exploração do solo para absorção de água e nutrientes. Desta forma, o controle de brotações indesejadas no eucalipto deve ser realizado primordialmente antes do período de reforma (LITTLE; BERG, 2007), pois por terem um sistema radicular já desenvolvido podem apresentar rápido crescimento e ocasionar competição pela captação de recursos (FORRESTER et al., 2003; DRAKE et al., 2012; FORRESTER et al., 2012).

### **3.3 Métodos de Controle de Brotações**

#### **3.3.1 Controle Manual**

O controle manual de brotações pode ser realizado com ferramentas de corte, tais como foice e facão, além de também poder ser realizada com serras de poda elétricas ou mecanizadas. O corte geralmente é realizado após o desenvolvimento e emissão da maior parte dos brotos presentes nas cepas, quando apresentam porte em altura superior a um metro. Porém, o controle manual é mais utilizado de forma complementar quando os métodos de controle químico são ineficientes (MEDAUAR et al., 2018a). Tal fato justifica-se pela maior demanda de mão-de-obra e de tempo operacional ao se utilizar os métodos de controle manual de brotações.

Além dos fatores operacionais, o controle manual apresenta baixa eficiência devido ao elevado vigor das brotações, que faz com que sejam necessárias várias operações para atingir nível satisfatório de controle. Outras pesquisas constataram necessidade de, no mínimo, quatro (Little, 2003) e seis (Roberts et al., 2016) operações manuais para realizar o controle de brotações de *E. urograndis* o que elevou o custo operacional em relação ao controle químico. Adicionalmente, Cruz (2014) em estudo para avaliar o controle de brotações de eucalipto para condução em sistema de talhadia a partir dos métodos químico e manual observou que ambos os métodos apresentaram eficiente controle das brotações, porém foram necessárias duas operações de controle.

### 3.3.2 Controle Químico

O manejo da vegetação é importante para garantir a produtividade nas áreas de floresta (WAGNER et al., 2006), que pode englobar inclusive as brotações de eucalipto. O controle químico, a partir da aplicação de herbicidas, é uma das formas de controle das brotações de eucalipto (TUFFI SANTOS et al., 2005; 2006; 2007; MEDAUAR et al., 2018a) e deve ocorrer durante a reforma do plantio (SOUZA et al., 2006; MACHADO et al., 2010).

No caso de controle de plantas daninhas, o manejo pode ser realizado até os 24 meses após plantio, por ser considerado um período crítico (WAGNER et al., 2006; TUFFI SANTOS et al., 2005; 2007) e pelo fato de que após este período o fechamento do dossel reduz a germinação da vegetação presente no sub-bosque (WAGNER et al., 2006). Porém, caso ocorra presença de brotações durante este período há possibilidade de perdas expressivas na produtividade das plantas implantadas na reforma do plantio, devido ao elevado vigor das brotações. Por isso, o controle químico é utilizado para evitar a competição entre as brotações e mudas implantadas na reforma do plantio (MACHADO et al., 2010).

O controle convencional ocorre pela pulverização de herbicida sobre a biomassa aérea de brotações com altura entre 0,40 e 0,90 m (MACHADO et al., 2010), porém em condições operacionais observa-se que o porte de altura das brotações no momento da pulverização pode variar em até 1,50 m. Este porte é necessário para que as brotações tenham área foliar suficiente para absorção e translocação do herbicida (MACHADO et al., 2010). No controle químico convencional, após a pulverização de herbicidas sobre as brotações é possível observar que as plantas pulverizadas, mesmo com sintomas visíveis de intoxicação, podem apresentar a emissão de novos brotos. Medauar et al. (2018a) observaram recuperação das brotações do eucalipto submetidas a pulverização de herbicidas, apesar da redução da biomassa verde, resultando em baixa eficiência de controle.

Alguns estudos trazem relatos sobre o uso de herbicidas no controle de brotações de eucalipto com glyphosate, tryclopír, metsulfuron (LITTLE; ECCLES, 2000; LITTLE; BERG, 2007; ROBERTS et al., 2018) e imazapyr (SOUZA et al., 2006), além de picloram e triclopyr no controle de tocos de *Tectona grandis* (CALDEIRA; CASTRO, 2012). Porém, em alguns casos pode-se observar a baixa eficiência de controle devido a necessidade de mais de uma intervenção de controle ou uso de doses excessivas. Little (2003), em estudo para avaliar o controle de brotações de *E. grandis* a partir da pulverização com diferentes herbicidas, observou que foram necessárias no mínimo três operações de controle. A baixa eficiência de controle de brotações em áreas de reforma de eucalipto está associada à ausência ou incorreta utilização de tecnologias de aplicação (MEDAUAR et al., 2018b), o que justifica a elaboração de estudos que viabilizem novas práticas para controle de brotações de forma eficaz e com menor risco ambiental.

Outras formas de aplicação para controle de brotações têm sido descritas na literatura como a aplicação de herbicidas sobre a superfície de corte de eucalipto e a aplicação de herbicidas no fuste das árvores antes da colheita florestal (LITTLE; ECCLES, 2000; LITTLE, 2003; LITTLE; BERG, 2006; 2007; ROBERTS et al., 2018). Tais métodos de aplicação também têm sido relatados para controle de espécies arbóreas situadas em áreas próximas à linhas de transmissão de energia (BALLARD; NOWAK, 2006; JIMMO et al., 2018). Em alguns casos, tais técnicas apresentam níveis satisfatórios de controle e em outros casos observa-se a necessidade de intervenções de controle adicionais. O uso destas

técnicas no controle de brotações indesejadas é pouco conhecido em empresas de base florestal situadas no Brasil. Além disso, não há dados na literatura sobre a eficiência destas técnicas nas condições edafoclimáticas do país. Por isso, torna-se importante estudos com adaptação do manejo químico à tais técnicas, associado a estudos com os princípios ativos registrados para a cultura do eucalipto no Brasil tais como glyphosate e imazapyr para realizar a atividade de controle de brotações.

### 3.4 Imazapyr

O imazapyr é um herbicida sistêmico com translocação via floema, recomendado no controle em pré e pós-emergência de plantas daninhas (SILVA et al., 2007; OLIVEIRA JR., 2011), além disso, é registrado para controle de cepas na cultura do eucalipto (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018; AGROFIT, 2018). Este herbicida atua na inibição da enzima acetolactato-sintase (ALS) que é precursora da síntese dos aminoácidos leucina, isoleucina e valina (ANDERSON; HIBBERD, 1985; CHIPMAN et al., 1998). Após a inibição da ALS observa-se a interrupção da síntese proteica, de DNA e do crescimento celular (SHANER et al., 1984; SHANER; REIDER, 1986). O imazapyr apresenta muito baixa ou nenhuma toxicidade para animais, apresenta elevada seletividade e é muito ativo nas plantas, onde efeitos significativos de controle são obtidos com doses reduzidas (ENDO et al., 2013). Os principais sintomas observados são clorose, necrose, má formação de folhas e a morte das plantas ocorre de sete a dez dias após aplicação, dependendo do porte da planta (SILVA et al., 2007; OLIVEIRA JR, 2011).

O imazapyr apresenta fraca adsorção aos colóides do solo, lenta degradação e alta persistência no solo (SILVA et al., 2007), desta forma, pode ser observado efeito residual deste herbicida no solo. Monquero et al. (2008), em estudo para avaliar o efeito residual de herbicidas em diferentes períodos de seca, observaram a redução do efeito residual do imazapyr a partir dos 60 dias após aplicação. O efeito residual do imazapyr também foi relatado por Firmino et al. (2008) que observaram alta mobilidade do imazapyr com movimentação ascendente a partir dos movimentos de capilaridade da água em três diferentes solos. Outro aspecto que promove aumento da permanência deste herbicida no solo foi relatado por Silva et al. (2004) que observaram exsudação radicular em plantas de eucalipto após aplicação de imazapyr, a partir de sintomas de intoxicação observados em plantas bioindicadoras.

Apesar do registro deste herbicida para controle de cepas de eucalipto poucos trabalhos são relatados com o uso deste herbicida nesta atividade. Já foi observado que mesmo com aplicação de baixas doses de imazapyr sobre mudas de eucalipto não houve rebrota nas plantas tratadas com herbicida (SILVA et al., 2004; SOUZA et al., 2006). Porém, as aplicações de imazapyr podem promover danos a plantas não-alvo, devido à potencial exsudação radicular deste herbicida no solo (SILVA et al., 2005; SOUZA et al., 2006).

DiTomaso e Kyser (2007) observaram que a aplicação de imazapyr injetado no tronco para controle de árvores de *Ailanthus altissima* promoveu valores de controle entre 95% e 98% aos 10 meses após aplicação, porém os mesmos autores observaram que houve intoxicação de plantas que não foram submetidas à aplicação de herbicida em um raio de até 5 metros de distância. Esta espécie apresenta elevadas taxas de crescimento e capacidade de rebrota, o que dificulta o controle em áreas florestais (LEWIS; MCCARTHY, 2007), fato semelhante ao eucalipto em condições de reforma de plantio. Lewis e McCarthy (2007) também observaram que a aplicação de imazapyr no fuste de árvores de *Ailanthus*

*altissima* promoveu mortalidade e sintomas fitotóxicos em árvores não-alvo em um raio de até 3 metros de distância.

### 3.5 Glyphosate

O glyphosate é utilizado como dessecante, no controle de plantas daninhas em áreas não cultivadas, para aplicações dirigidas em culturas perenes e na renovação de pastagens (SILVA et al., 2007). Em áreas de florestamento, especificamente, é comum a aplicação de forma dirigida no manejo de plantas daninhas por este produto controlar uma grande variedade de espécies e ser um dos poucos produtos registrados para a cultura do eucalipto e de liberação de uso pelas certificadoras (TUFFI SANTOS et al., 2007; 2009; KOGAN; ALISTER, 2010; CASTRO et al., 2016). A utilização do glyphosate ocorre durante as etapas de plantio, replantio, manutenção e para controle de rebrota de cepas de eucalipto no período de reforma (TUFFI SANTOS et al., 2005; 2006; MINOGUE et al., 2018).

O glyphosate é um produto sistêmico que apresenta baixo risco ambiental devido a sua elevada sorção no solo e baixo risco toxicológico, já que a enzima inativada é presente exclusivamente em plantas e em alguns microrganismos (SILVA et al., 2007; SALGADO et al., 2011; OLIVEIRA JR, 2011). A absorção ocorre pelas folhas e parte aérea das plantas, onde transloca-se via simplasto, preferencialmente, para meristemas e células em crescimento pelos vasos do floema (SILVA et al., 2007; MACHADO et al., 2010; CARVALHO et al., 2015).

Este herbicida atua na rota do ácido chiquímico, o qual é responsável por cerca de 20% do total de carbono fixado pelas plantas (ORCARAY et al., 2010). Nesta rota, a ação do glyphosate leva ao acúmulo dos níveis de chiquimato a partir da inibição da enzima 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintase (EPSPs) (STEINRTICKEN; AMRHEIN, 1980; COLE et al., 1983; BRIDGES, 2003; DUKE; POWLES, 2008), conforme observado por Castro et al. (2016) que identificaram, em mudas de eucalipto, maiores concentrações de ácido chiquímico nos locais da folha em que houve contato direto com o herbicida. A inibição da enzima EPSPs também ocasiona a redução da síntese de produtos provenientes dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, que atuam no desenvolvimento da parede celular, na síntese de proteínas e de diversos metabólitos secundários (SILVA et al., 2007; DUKE; POWLES, 2008; ORCARAY et al., 2010; OLIVEIRA JR, 2011; MAEDA; DUDAREVA, 2012; CARVALHO et al., 2015).

Aplicações do glyphosate em pré-plantio não apresentam riscos às plantas implantadas posteriormente, já que não há efeito residual do glyphosate no solo, porém danos às plantas podem ser observados nas aplicações pós-plantio (MINOGUE et al., 2018), principalmente devido a ocorrência de deriva e de uso incorreto das tecnologias de aplicação. Os sintomas observados em plantas de eucalipto submetidos à aplicação ou deriva de glyphosate são, geralmente, clorose, necrose, murcha e abscisão foliar (TUFFI SANTOS et al., 2007; 2009; MACHADO et al., 2010; SANTOS et al., 2019).

Apesar da ação expressiva do glyphosate nas plantas, muitas vezes observa-se baixa eficiência de controle ao utilizá-lo no manejo de brotações indesejadas. A baixa eficiência de controle está mais relacionada ao elevado vigor das brotações e ao ineficiente uso das tecnologias de aplicação do que à ação do herbicida nas plantas. Geralmente, quando há baixa eficiência a partir dos métodos de controle convencionais ocorrem novas intervenções em uma mesma área, elevando os custos. Roberts et. al (2016) em estudo para avaliar a aplicação de diferentes concentrações de glyphosate em brotações de

*E. urograndis* com diferentes alturas na África do Sul, observaram que as concentrações de 1,2% e 1,8% aplicadas em brotações com 1,0 e 1,5 metros de altura, respectivamente, promoveram maior controle de brotações, porém para atingir tal controle foram necessárias no mínimo quatro aplicações com gasto total de herbicida variando de aproximadamente 13 a 20 L ha<sup>-1</sup>. Adicionalmente, Medauar et al. (2018b) observaram que operações de pulverização de glyphosate para controle de brotações de eucalipto em diferentes talhões não apresentaram eficiência devido ao não atendimento de recomendações relacionadas à espectro de gotas, taxas de aplicação e cobertura de volume de calda.

A partir dos problemas descritos relacionados ao controle de brotações, torna-se necessário a adoção de diferentes métodos de aplicação que visem a melhoria da qualidade das operações. Desta forma, o aumento da eficiência de controle e redução do número de operações devem ser a base dos estudos voltados ao controle de brotações indesejadas de eucalipto, concomitante com a busca por métodos que reduzam os potenciais impactos ambientais decorrentes destas operações.

### 3.6 REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <www.agrofit.agricultura.gov.br>. Acesso em: 5 jun. 2018.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS T. F. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa-MG: UFV, 2009.
- ANDERSON, P.C., HIBBERD, K.A. Evidence for the Interaction of an Imidazolinone Herbicide with Leucine, Valine, and Isoleucine Metabolism. **Weed Science**, v. 33, p. 479–483, 1985. DOI 10.1017/S0043174500082692.
- ANTÔNIO, N.; TOME, M.; TOME, J.; SOARES, P.; FONTES, L. Effect of tree, stand, and site variables on the allometry of *Eucalyptus globulus* tree biomass. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 37, n. 5, p. 895-906, 2007.
- BALLARD, B.D.; NOWAK, C.A. Timing of cut-stump herbicide applications for killing hardwood trees on power line rights-of-way. **Arboriculture & Urban Forestry**, v. 32, n. 3, p. 118-125, 2006.
- BAUHUS, J.; VAN der MEER, P.J.; KANNINEN, M. **Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests**. Earthscan, 2010.
- BRIDGES, D.C. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: **Herbicide action course: intensive course on the activity, selectivity, behavior and fate of herbicides in plants and soil**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 344-365.
- BROOKER, I. Botany of the eucalypts. In: COPPEN, J.J.W. **Eucalyptus The Genus *Eucalyptus***. CRC Press, 2003. p. 17-49.
- BURROWS, G.E. Buds, bushfires and resprouting in the eucalypts. **Australian Journal of Botany**, v. 61, n. 5, p. 331-349, 2013. DOI 10.1071/BT13072.
- CALDEIRA, S.F.; CASTRO, C.K.C. Herbicidas e danos físicos em tocos de teca para controle de brotos após o desbaste. **Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p. 1826-1832, 2012.
- CARR, D., JAHNKE, R., CARR, S. Initiation, development and anatomy of lignotubers in some species of eucalyptus. **Australian Journal of Botany**, v. 32, n. 4, p. 415-437, 1984. <https://doi.org/10.1071/BT9840415>
- CARVALHO, L. B. D.; ALVES, P. L. D. C. A.; COSTA, F. R. D. Differential response of clones of eucalypt to glyphosate. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 177-187, 2015.
- CASTRO, E. B.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D.; BELAPART, D.; GOMES, G. L. G. C.; BEN, R. Absorção, translocação e efeitos metabólicos do glyphosate em plantas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 719-727, 2016.
- CHIPMAN, D.; BARAK, Z.; SCHLOSS, J.V. Biosynthesis of 2-aceto-2-hydroxy acids: acetolactate synthases and acetohydroxyacid synthases. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1385, p. 401–419, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0167-4838\(98\)00083-1](https://doi.org/10.1016/S0167-4838(98)00083-1)
- CLARKE, P.J.; LAWES, M.J.; MIDGLEY, J.J.; LAMONT, B.B.; OJEDA, F.; BURROWS, G.E.; ENRIGHT, N.J.; KNOX, K.J.E. Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. **New Phytologist**, v. 197, n. 1, p. 19–35, 2013. <https://doi.org/10.1111/nph.12001>
- Cole, D.J.; Caseley, J.C.; Dodge, A.D. Influence of glyphosate on selected plant process. **Weed Research**, v. 23, p. 173-183, 1983.
- COSTA, A.C.P.R.; COSTA, N.V.; PEREIRA, M.R.R.; MARTINS, D. Efeito da deriva simulada de glyphosate em diferentes partes da planta de *Eucalyptus grandis*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 1663–1672, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n5p1663>
- CROUS, J.W.; BURGER, L. A comparison of planting and coppice regeneration of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clones in South Africa. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 77, n. 4, p. 277-285, 2015.



- CRUZ, L.R. **Aspectos competitivos em espécies florestais: interferência de plantas daninhas e de brotações indesejadas**. 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros-MG, 2014.
- DITOMASO, J.M.; KYSER, G.B. Control of *Ailanthus altissima* using stem herbicide application techniques. **Arboriculture and Urban Forestry**, v. 33, n. 1, p. 55, 2007.
- DOSSA, D.; Silva, H. D.; Bellote, A. F. J.; Rodigheri, H. R. Produção e rentabilidade do eucalipto em empresas florestais. Comunicado Técnico 83, Colombo-PR, **Embrapa Florestas**, 2002.
- DRAKE, P. L.; MENDHAM, D. S.; OGDEN, G. N. Plant carbon pools and fluxes in coppice regrowth of *Eucalyptus globulus*. **Forest Ecology and Management**, v. 306, p. 161-170, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.034>
- DRAKE, P. L.; MENDHAM, D. S.; WHITE, D. A.; OGDEN, G. N. A comparison of growth, photosynthetic capacity and water stress in *Eucalyptus globulus* coppice regrowth and seedlings during early development. **Tree Physiology**, v. 29, n. 5, p. 663-674, 2009.
- DRAKE, P. L.; MENDHAM, D. S.; WHITE, D. A.; OGDEN, G. N.; DELL, B. Water use and water-use efficiency of coppice and seedling *Eucalyptus globulus* Labill.: a comparison of stand-scale water balance components. **Plant and soil**, v. 350, n. 1-2, p. 221-235, 2012.
- DUKE, S.O.; POWLES, S.B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest management science**, v. 64, n. 4, p. 319-325, 2008.
- ENDO, M.; SHIMIZU, T.; FUJIMORI, T.; YANAGISAWA, S.; TOKI, S. Herbicide-Resistant Mutations in Acetolactate Synthase Can Reduce Feedback Inhibition and Lead to Accumulation of Branched-Chain Amino Acids. **Food and Nutrition Sciences**, v. 04, p. 522–528, 2013. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.45067>
- 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**, v. 32, p. 1008–1020, 2012. <https://doi.org/10.1093/treephys/tps058>
- FARIA, G. D.; BARROS, N. D.; NOVAIS, R. D.; LIMA, J. C.; TEIXEIRA, J. L. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 577-584, 2002.
- FERRAZ FILHO, A.C.; SCOLFORO, J.R.S.; MOLA-YUDEGO, B. The coppice-with-standards silvicultural system as applied to *Eucalyptus* plantations — a review. **Journal of Forestry Research**, v. 25, n. 2, p. 237–248, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0455-0>
- FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, F. A.; TUFFI SANTOS, L. D. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do eucalipto**. Viçosa-MG: UFV, 2010.
- FIRMINO, L.E.; TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; QUIRINO, A.L.S. Movimento do herbicida imazapyr no perfil de solos tropicais. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 223-230, 2008.
- FORRESTER, D. I.; BERTRAM, C. A.; MURPHY, S. Impact of competition from coppicing stumps on the growth of retained trees differs in thinned *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus tricarpa* plantations in southeastern Australia. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 42, n. 5, p. 841-848, 2012.
- FORRESTER, D.; BAUHUS, J.; CONNELL, M. Competition in thinned Silvertop Ash (*Eucalyptus sieberi* L. Johnson) stands from early coppice growth. **Forest Ecology and Management**, v. 174, n. 1, p. 459-475, 2003.
- 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**, v. 37, p. 251–264, 2009. <https://doi.org/10.1007/s11056-008-9121-8>
- GONÇALVES, J. D. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 70, n. 2, p. 105-118, 2008.

- GONÇALVES, J.D.M.; ALVARES, C.A.; BEHLING, M.; ALVES, J. M.; PIZZI, G.T.; ANGELI, A. Produtividade de plantações de eucalipto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, p. 411-419, 2014.
- GONÇALVES, J.L. DE M.; ALVARES, C.A.; HIGA, A.R.; SILVA, L.D.; ALFENAS, A.C.; STAHL, J.; FERRAZ, S.F. DE B.; LIMA, W. DE 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**, v. 301, n. 1, p. 6–27, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>
- GRAHAM, A.W.; WALLWORK, M.A.; SEDGLEY, M. Lignotuber Bud Development in *Eucalyptus cinerea* (F. Muell. Ex Benth). **International Journal of Plant Sciences**, v. 159, n. 6, p. 979-988, 1998. <https://doi.org/10.1086/297618>
- GUEDES, I.C.L.; COELHO JÚNIOR, L.M.; OLIVEIRA, A.D.; MELLO, J.M.; REZENDE, J.L.P.; SILVA, C.P.C. Economic analysis of replacement regeneration and coppice regeneration in eucalyptus stands under risk conditions. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 393–401, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000300014>
- HUBBARD, R. M.; STAPE, J.; RYAN, M. G.; ALMEIDA, A. C.; ROJAS, J. Effects of irrigation on water use and water use efficiency in two fast growing *Eucalyptus* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1714-1721, 2010.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBA. Anuário Estatístico 2017 base 2016. Disponível em: <<http://www.iba.org/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- JIMMO, A.; ISBISTER, K.M.; LAMB, E.G.; SICILIANO, S.D.; STEWART, K.J. Linking Herbicide Dissipation to Soil Ecological Risk along Transmission Rights-of-Way in the Yukon Territory, Canada. **Journal of Environment Quality**, v. 47, p. 1356-1364, 2018. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.01.0053>
- KOGAN, M.; ALISTER, C. Glyphosate use in forest plantations. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 70, n. 4, p. 652-666, 2010.
- LEWIS, K.; MCCARTHY, B. Nontarget tree mortality after tree-of-heaven (*Ailanthus altissima*) injection with imazapyr. **Northern Journal of Applied Forestry**, v. 25, n. 2, p. 66-72, 2008.
- LITTLE, K. M.; ECCLES, N. S. Control of *Eucalyptus grandis* cut-stumps of single-stem origin. **Southern African Forestry Journal**, v. 187, n. 1, p. 45-49, 2000.
- LITTLE, K. M.; BERG, G. J. V. D. Comparison of different herbicides for single stem *Eucalyptus macarthurii* cut stump control. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 19, n. 1, p. 13-17, 2007.
- LITTLE, K.M. Killing *Eucalyptus grandis* cut stumps after multiple coppice rotations in the KwaZulu-Natal midlands, South Africa. **The Southern African Forestry Journal**, v. 199, n. 1, p. 7–13, 2003. <https://doi.org/10.1080/20702620.2003.10431745>
- LITTLE, K.M.; BERG, G.J.V.D. First rotation *Eucalyptus macarthurii* cut stump control in KwaZulu-Natal, South Africa. **The Southern African Forestry Journal**, n. 207, 15–20, 2006. <https://doi.org/10.2989/10295920609505248>
- MACHADO, A.F.L.; FERREIRA, L.R.; TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; VIANA, R.G. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do eucalipto. In: Ferreira, L.R.; Machado, A.F.L.; Ferreira, F.A.; Tuffi Santos, L.D. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do eucalipto**. Viçosa-MG: UFV, 2010.
- MAEDA, H., DUDAREVA, N. The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, p. 73–105, 2012. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105439>
- MCEWAN, A.; MAGAGNOTTI, C.; SPINELLI, R. The effects of number of stems per stool on cutting productivity in coppiced *Eucalyptus* plantations. **Silva Fenn**, v. 50, n. 1448, p. 14, 2016.
- MEDAUAR, C.C.; SILVA, S.A., CARVALHO, L.C.C.; TIBÚRCIO, R.A.S.; LIMA, J.S.S. Espectro de gotas e distribuição de calda herbicida associada a fertilizante foliar em áreas de reforma florestal. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 119, p. 333-345, 2018b.

- MEDAUAR, C.C.; SILVA, S.A.; CARVALHO, L.C.C.; TIBÚRCIO, R.A.S.; LIMA, J.S. S.; MEDAUAR, P.A.S. Monitoring of eucalyptus sprouts control using digital images obtained by unmanned aerial vehicle. **Journal of Sustainable Forestry**, 37, 739–752, 2018a. <https://doi.org/10.1080/10549811.2018.1478309>
- MEDEIROS, W.N.; MELO, C.A.D.; TIBURCIO, R.A.S.; SILVA, G.S.; MACHADO, A.F.L.; SANTOS, L.D.T.; FERREIRA, F.A. Crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob interferência de plantas daninhas. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821099>
- MELLO, S.L.M.; GONÇALVES, J.L.M.; GAVA, J.L. Pre- and post-harvest fine root growth in *Eucalyptus grandis* stands installed in sandy and loamy soils. **Forest Ecology and Management**, v. 246, p. 186–195, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.060>
- MINOGUE, P.J., OSIECKA, A., LAUER, D.K. Selective herbicides for establishment of *Eucalyptus benthamii* plantations. **New Forests**, v. 49, n. 4, p. 529–550., 2018. <https://doi.org/10.1007/s11056-018-9637-5>
- MONQUERO, P.A.; BINHA, D.P.; SILVA, A.C.; SILVA, P.V.; AMARAL, L.R. Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. **Planta daninha**, v. 26, n. 1, p. 185-193, 2008.
- MYBURG, A.A.; GRATTAPAGLIA, D.; TUSKAN, G.A.; HELLSTEN, U.; HAYES, R.D.; GRIMWOOD, J. et al. The genome of *Eucalyptus grandis*. **Nature**, v. 510, p. 356–362, 2014. <https://doi.org/10.1038/nature13308>
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Consensus document on the biology of *Eucalyptus* spp.** Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2014. (Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology, 58)
- OLIVEIRA JR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA Jr, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 141-192.
- OLIVEIRA, A.C.; CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B.L.C.; CARDOSO, M.T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.
- ORCARAY, L.; IGAL, M.; MARINO, D.; ZABALZA, A.; ROYUELA, M. The possible role of quinate in the mode of action of glyphosate and acetolactate synthase inhibitors. **Pest Management Science**, v. 66, p. 262–269, 2010. <https://doi.org/10.1002/ps.1868>
- PAYN, T.; CARNUS, J.M.; FREER-SMITH, P.; KIMBERLEY, M.; KOLLERT, W.; LIU, S.; ORAZIO, C.; RODRIGUEZ, L.; SILVA, L.N.; WINGFIELD, M.J. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 57–67, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.021>
- RAMEZANI, M., OLIVER, D.P., KOOKANA, R.S., GILL, G., PRESTON, C. Abiotic degradation (photodegradation and hydrolysis) of imidazolinone herbicides. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, v. 43, n. 2, p. 105–112, 2008. <https://doi.org/10.1080/03601230701794968>
- RIGHI, C.A., COUDERC, V.S.J.A., PEREIRA, C.R., DO COUTO, H.T.Z., SILVA, L.D. Effect of shade on biomass accumulation and partitioning for *Eucalyptus camaldulensis* sprouts. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 35, n. 1, p. 75–87, 2016. <https://doi.org/10.1080/10549811.2015.1102072>
- ROBERTS, J.C.; LITTLE, K.M.; LIGHT, M.E. A comparison of the cost-effectiveness of different eucalypt cut-stump control management options to reduce competition from coppice regrowth during stand establishment in Mpumalanga, South Africa. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 80, n. 3, p. 261–268, 2018. <https://doi.org/10.2989/20702620.2017.1354283>
- ROBERTS, J.C.; LITTLE, K.M.; LIGHT, M.E. The use of glyphosate for the management of secondary coppice regrowth in a *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* coppice stand in Zululand, South Africa. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 78, n. 3, p. 217-223, 2016. <https://doi.org/10.2989/20702620.2016.1183094>
- ROCHA, J.H.T.; WENZEL, A.V.A.; MELO, E.A.S.C.; LIMA, Â.S.F.; HAKAMADA, R.E.; FERRAZ, A.V.; ARTHUR JUNIOR, J.C.; GONÇALVES, J.L.M.; MOREIRA, G.; GONÇALVES, A.N. Responses of coppiced Eucalyptus to macro- and micronutrient application. **New Forests**, p. 1-15, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11056-018-09695-5>

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. **Guia de herbicidas**. 7. ed., 2018.

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

SANTOS, S.A. DOS; TUFFI-SANTOS, L.D., TANAKA, F.A.O., SANT'ANNA-SANTOS, B.F., RODRIGUES, F. DE Á., ALFENAS, A.C. Carfentrazone-ethyl and glyphosate drift inhibits uredinial formation of *Austropuccinia psidii* on *Eucalyptus grandis* leaves. **Pest Management Science**, v. 75, n. 1, p. 53–62, 2019. <https://doi.org/10.1002/ps.5163>

SCHWEGMAN, K.; LITTLE, K.M.; MCEWAN, A.; ACKERMAN, S.A. Harvesting and extraction impacts on *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* coppicing potential and rotation-end volume in Zululand, South Africa. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, p. 1-7, 2017.

SHANER, D.L., ANDERSON, P.C., STIDHAM, M.A. Imidazolinones: potent inhibitors of acetohydroxyacid synthase. **Plant Physiology**, v. 76, n. 2, p. 545–546, 1984. <https://doi.org/10.1104/pp.76.2.545>

SHANER, D.L., REIDER, M.L. Physiological responses of corn (*Zea mays*) to AC 243,997 in combination with valine, leucine, and isoleucine. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 25, n. 2, p. 248–257, 1986. [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(86\)90051-9](https://doi.org/10.1016/0048-3575(86)90051-9)

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: Classificação e Mecanismos de Ação. In: SILVA, A. S.; SILVA, A. A. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa:UFV, 2007. p. 58-117.

SILVA, C.M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MIRANDA, G.V. Imazapyr root exudation from eucalypt seedlings cultivated in nutritive solution. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 915–920, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000600010>

SILVA, C.M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MIRANDA, G.V. Root exudation of imazapyr by eucalypt, cultivated in soil. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 109-116, 2004.

SOUZA D.P.L. GALLAGHER T.; MITCHELL, D; MCDONALD T.; SMIDT, M. Determining the effects of felling method and season of year on the regeneration of short rotation coppice. **International journal of forest engineering**, v. 27, n. 1, p. 53-65, 2016.

SOUZA, G. V. R.; FERREIRA, L. R.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, C. M. M.; TUFFI SANTOS, L. D.; VIANA, R. G. Exsudato radicular de imazapyr aplicado sobre mudas de diferentes clones de eucalipto. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 141-147, 2006.

SPINELLI, R.; PARI, L.; AMINTI, G.; MAGAGNOTTI, N.; GIOVANNELLI, A. Mortality, re-sprouting vigor and physiology of coppice stumps after mechanized cutting. **Annals of Forest Science**, v. 74, n. 1, p. 5, 2017.

STEINRÜCKEN, H.C., AMRHEIN, N. The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvylshikimic acid-3-phosphate synthase. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 94, n. 4, p. 1207–1212, 1980. [https://doi.org/10.1016/0006-291X\(80\)90547-1](https://doi.org/10.1016/0006-291X(80)90547-1)

TEIXEIRA, P.C.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; TEIXEIRA, J.L. *Eucalyptus urophylla* root growth, stem sprouting and nutrient supply from the roots and soil. **Forest Ecology and Management**, v. 160, n. 1, p. 263-271, 2002.

TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; DUARTE, W. M.; TIBURCIO, R. A. S.; SANTOS, M. V. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 359-364, 2006.

TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; MEIRA, R. M. S. A.; BARROS, N. F.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000100016>.

TUFFI SANTOS, L. D.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; MEIRA, R. M. S. A.; FERREIRA, F. A.; TIBURCIO, R. A. S. T.; SILVA, E. C. F. Micromorfologia foliar na análise da fitotoxidez por glyphosate em *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 711-720, 2009.

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**, v. 25, n. 1, p. 133–137, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000100014>

- VARGAS, F., RUBILAR, R., GONZALEZ-BENECKE, C.A., SANCHEZ-OLATE, M., ARACENA, P. Long-term response to area of competition control in *Eucalyptus globulus* plantations. **New Forests**, v. 49, p. 383–398, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9625-1>
- VEGA-NIEVA, D.J.; VALERO, E.; PICOS, J.; JIMÉNEZ, E. Modeling the above and belowground biomass of planted and coppiced *Eucalyptus globulus* stands in NW Spain. **Annals of Forest Science**, v. 72, p. 967–980, 2015. <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0493-6>
- VIDAL, J.M.; EVANGELISTA, W.V.; SILVA, J.D.C.; JANKOWSKY, I.P. Preservação de madeiras no brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 257-271, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509817484>
- WAGNER, R.G.; LITTLE, K.M.; RICHARDSON, B.; MCNABB, K. The role of vegetation management for enhancing productivity of the world's forests. **Forestry: An International Journal of Forest Research**, v. 79, n. 1, p. 57–79, 2006. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpi057>
- WALTERS, J.R., BELL, T.L., READ, S. Intra-specific variation in carbohydrate reserves and sprouting ability in *Eucalyptus obliqua* seedlings. **Australian Journal of Botany**, v. 53, n. 3, p. 195-203, 2005. <https://doi.org/10.1071/BT04016>
- WILDY, D.T.; PATE, J.S. Quantifying Above- and Below-ground Growth Responses of the Western Australian Oil Mallee, *Eucalyptus kochii* subsp. *plenissima*, to Contrasting Decapitation Regimes. **Annals of Botany**, v. 90, p. 185–197, 2002. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf166>
- XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R.L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013.
- ZHOU, X.G.; YE, D.; ZHU, H.G.; LI, X.Q.; SU, Y.; LAN, J.; WEN, Y.G. Effects of second rotation seedlings and coppice on understory vegetation and timber production of eucalyptus plantations. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 29, n. 1, p. 54-68, 2017.

## **4 ARTIGOS**

### **4.1 Artigo 1 - Aplicação dirigida de glyphosate e imazapyr em cepas de eucalipto no controle de brotações**

## APLICAÇÃO DIRIGIDA DE GLYPHOSATE E IMAZAPYR EM CEPAS DE EUCALIPTO NO CONTROLE DE BROTAÇÕES

### RESUMO

Antes da reforma dos plantios de eucalipto há aplicação de herbicidas sobre a rebrota do mesmo, para erradicação das brotações das cepas da rotação anterior. Em geral, esta operação envolve várias intervenções de controle. Desta forma, a aplicação de herbicidas diretamente sobre a superfície das cepas (tocos) de eucalipto, após a colheita da madeira, pode ser uma prática eficiente e com menor risco para o ambiente. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência dos herbicidas glyphosate e imazapyr, aplicados em pós-corte, sobre a superfície de cepas de eucalipto, para o controle de brotações. Para tanto, foram realizados dois experimentos, um para cada herbicida, em plantio clonal de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* com 7,5 anos de idade. Os experimentos foram implantados em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. O experimento 1 consistiu da aplicação de doses de 0; 0,84; 1,67; 2,50; e 3,34 kg e.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate (Touchdown<sup>®</sup> 500 g e.a. L<sup>-1</sup>). O experimento 2 consistiu da aplicação de doses de 0; 0,028; 0,083; 0,140; e 0,195 kg i.a. ha<sup>-1</sup> de imazapyr (Chopper Florestal<sup>®</sup> 250 g e.a. L<sup>-1</sup>). Realizou-se a aplicação dirigida dos herbicidas sobre a superfície de corte das cepas de eucalipto entre 42 e 48 horas após o abate das árvores. Entre os 220 e 225 dias após aplicação dos herbicidas foram realizadas avaliações do número de brotações por cepa, número de cepas com presença de brotações, altura e massa verde das brotações e a eficiência de controle da emissão de brotações. A aplicação de doses de glyphosate promoveu redução acentuada no desenvolvimento das brotações. O aumento das doses de glyphosate proporcionaram incremento nos índices de controle, com valores superiores à 90%, considerada excelente. O aumento das doses de glyphosate promoveu redução linear na porcentagem de cepas com presença de brotações, em taxa de decréscimo de 10,34% a cada L aplicado do herbicida. Houve emergência de brotações em aproximadamente 30% das cepas tratadas com as maiores doses de glyphosate. Porém, as brotações apresentaram baixo vigor aos 225 dias após aplicação, com médias de aproximadamente 0,30 m de altura e pouco mais de 0,5 brotações por cepa. Além disso observou-se redução acentuada da massa verde mesmo nas menores doses utilizadas, com médias inferiores a 1,5 kg. Em contrapartida, no tratamento sem aplicação de herbicida, as brotações apresentaram médias de 8,0 kg de massa verde e 3,0 m de altura, com emissão de brotações em 97% das cepas. A aplicação de doses crescentes de imazapyr promoveu valores de eficiência próximos à 80%. Contudo, observou-se a presença de brotações em mais de 60% das cepas submetidas a aplicação de doses crescentes de imazapyr. A aplicação de imazapyr ocasionou redução no desenvolvimento e vigor das brotações apenas quando aplicadas as maiores doses, com aproximadamente 0,5 kg de massa verde, 0,70 m de altura e 1,5 brotações por cepa. A aplicação pós-corte tanto de glyphosate quanto de imazapyr sobre a superfície das cepas promove redução no desenvolvimento das brotações indesejadas de eucalipto, independente da dose utilizada. Entretanto, apenas as doses de 5,0 e 6,67 L ha<sup>-1</sup> de glyphosate apresentam nível satisfatório de controle das brotações sem necessidade de nova aplicação.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus*. Erradicação de brotações. Brotações indesejadas. Controle químico. Aplicação pós-corte.

**DIRECTED APPLICATION OF GLYPHOSATE AND IMAZAPYR ON EUCALYPTUS STUMPS TO  
COPPICE CONTROL**

**ABSTRACT**

Before the reform of eucalyptus plantations there is application of herbicides on the regrowth of the same, to eradicate the shoots of the strains of the previous rotation. In general, this operation involves several budding control interventions. Thus, the application of herbicides directly on the surface of eucalyptus stumps after harvesting the wood may be an efficient practice with less risk to the environment. Therefore, in this study we aimed to assess the efficiency of the herbicides glyphosate and imazapyr applied after harvesting upon the eucalypt cut stump surface to control the sprouts. Thus, two experiments were carried out, one for each herbicide, in an *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* plantation with 7.5 years of age. The experiments were imposed in a randomized block design with five treatments and five replicates. The experiment 1 was constituted by spraying of the doses of 0; 0,84; 1,67; 2,50; e 3,34 kg e.a. ha<sup>-1</sup> of glyphosate (Touchdown<sup>®</sup> 500 g e.a. L<sup>-1</sup>). The experiment 2 was constituted by spraying of the doses of 0; 0,028; 0,083; 0,140; e 0,195 kg i.a. ha<sup>-1</sup> of imazapyr (Chopper Florestal<sup>®</sup> 250 g e.a. L<sup>-1</sup>). The directed spraying of the herbicides was carried out upon the eucalypt cut stump surface between 42 and 48 hours after harvesting. Between 220 and 225 days after herbicide spraying were carried out measurements of the number of sprouts in each stump, the presence of coppice on the stumps, the height above ground and the weight of the sprouts in each stump and the efficacy of coppice control. The spraying of the glyphosate doses promoted high reduction in the coppice development. The increasing glyphosate doses promoted increment in control efficacy, with values higher than 90%, which is considered excellent. The increasing in the glyphosate doses promoted linear reduction on the stumps with presence of coppice, in a rate of decrease of 10,34% on each liter applied. There was presence of coppice in about 30% of the stumps which were sprayed with the higher doses of glyphosate. However, the coppice presented low vigor at the 225 days after spraying with medium values close to 0.30 m of height and 0.5 sprouts per stump. Moreover, it was observed high reduction of weight even in the lowest doses sprayed with values less than 1.5 kg. On the other hand, in the non-sprayed treatment the coppice reached 8.0 kg of weight, 3.0 m of height and presence of coppice in 97% of the stumps. The increasing imazapyr doses promoted coppice control efficacy values close to 80%. Nevertheless, it was observed the presence of coppice in more than 60% of the stumps sprayed with imazapyr doses, even in the higher doses. Imazapyr spraying promoted reduction in the coppice development and vigor only when applied in the higher doses with medium values close to 0.5 kg of weight, 0.70 m of height and 1.5 sprouts per stump. The after harvesting spray both of glyphosate and imazapyr upon the cut stump surface promotes eucalypt coppice development reduction, regardless of the sprayed dose. However, only the doses of 5.0 and 6.67 L ha<sup>-1</sup> of glyphosate presents satisfactory coppice control level without new operations request.

**Key words:** *Eucalyptus*. Sprouts eradication. Unwanted sprouts. Chemical control. Spraying after harvesting.



## INTRODUÇÃO

Entre os anos de 1990 a 2015 o setor florestal apresentou aumento na área plantada mundial de 167 milhões de hectares para aproximadamente 278 milhões de hectares, sendo o Brasil detentor da 8ª maior a área de floresta plantada no mundo (PAYN et al., 2015). Ademais, cerca de 25% da área mundial de florestas plantadas com espécies do gênero *Eucalyptus* está em território brasileiro (GONÇALVES et al., 2013). O Brasil também se destaca mundialmente por apresentar a maior produtividade de madeira de eucalipto com cerca de  $36 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e menor período de rotação (IBÁ, 2017), que varia 6 a 8 anos (HUBBARD et al., 2010; GONÇALVES et al., 2008; 2013).

Altas produtividades estão relacionadas ao investimento nas atividades silviculturais que permitam o adequado crescimento inicial e estabelecimento da floresta de eucalipto. O reestabelecimento dos plantios pode ocorrer tanto pela reforma da área a partir do plantio de novas mudas, quanto pela condução das brotações. Porém, em ambas as operações é necessário realizar o controle das brotações indesejadas que são provenientes das cepas remanescentes de eucalipto após a colheita da madeira. Essas brotações se formam a partir de gemas epicórmicas e de lignotúberes presentes na base das cepas (CLARKE et al., 2013; BURROWS, 2013), compostos por brotos dormentes (BURROWS, 2013) e que são fonte de carboidratos não-estruturais que auxiliam no desenvolvimento das brotações (WALTERS et al., 2005).

As brotações podem competir por recursos de crescimento tanto com as mudas implantadas quanto com o broto selecionado para condução da talhadia. Essa competição ocorre, principalmente, pelo fato de que as cepas remanescentes após o corte das árvores de eucalipto mantêm uma quantidade significativa de biomassa radicular que promove, durante o desenvolvimento inicial, maior alocação de recursos do solo para as brotações em relação às mudas (ANTÓNIO et al., 2007; DRAKE et al., 2009; 2012; FORRESTER et al., 2003; FORRESTER; BERTRAM; MURPHY, 2012; SOUZA et al. 2016; ROCHA et al., 2018). Por isso, torna-se necessário o controle de brotações indesejadas antes do período de reforma, que pode ser realizado por meio da aplicação de herbicidas.

Entre os produtos utilizados destaca-se o glyphosate por ser um dos poucos produtos registrados para a cultura (TUFFI SANTOS et al., 2007a; CASTRO et al., 2016) e que tem sido amplamente utilizado na manutenção dos plantios de eucalipto, inclusive no controle de brotações indesejadas (TUFFI SANTOS et al., 2005; 2006; KOGAN; ALISTER, 2010). Além disso, esse composto não apresenta efeito residual no solo, o que permite aplicações em pré-plantio sem causar injúrias as mudas que serão transplantadas (MINOGUE et al., 2018).

O glyphosate é um herbicida sistêmico aplicado em pós-emergência das plantas daninhas e de amplo espectro (TUFFI SANTOS et al., 2007b; OLIVEIRA Jr., 2011; MINOGUE et al., 2018). Este herbicida atua na rota do shiquimato inibindo a enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fostato sintase (EPSPs) precursora dos aminoácidos triptofano, tirosina e fenilalanina (STEINRÜCKEN e AMRHEIN, 1980; HESS, 1994; FRANZ et al., 1997; MAEDA; DUDAREVA, 2012) que formam compostos como lignina, proteínas, alcalóides e fenóis (KISHORE; SHAH, 1988; CARVALHO et al., 2015), os quais auxiliam no crescimento e proteção das plantas. A ação do glyphosate em plantas de eucalipto geralmente ocasiona sintomas como clorose, necrose, senescência foliar, morte do ápice caulinar e redução do crescimento da planta (CASTRO et al., 2016; CARVALHO et al., 2015; SANTOS JUNIOR et al., 2015; SALGADO et al., 2017; TUFFI SANTOS et al., 2007a; 2009).

O herbicida imazapyr apresenta amplo espectro de ação e é utilizado no controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018; GIANELLI et al., 2014) e no controle de cepas de eucalipto (SILVA et al., 2004, 2005; RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). Este herbicida atua na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS) que é precursora dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina (SHANER et al., 1984; ANDERSON; HIBBERD, 1985; OLIVEIRA Jr., 2011) e, conseqüentemente, ocorre a inibição da síntese de proteínas, de DNA e do crescimento celular (SHANER; REIDER, 1986). As plantas submetidas à aplicação deste herbicida, geralmente, apresentam clorose internerval, folhas em emergência malformadas, necrose nos pontos meristemáticos e, conseqüentemente, paralisação do crescimento (OLIVEIRA JR., 2011).

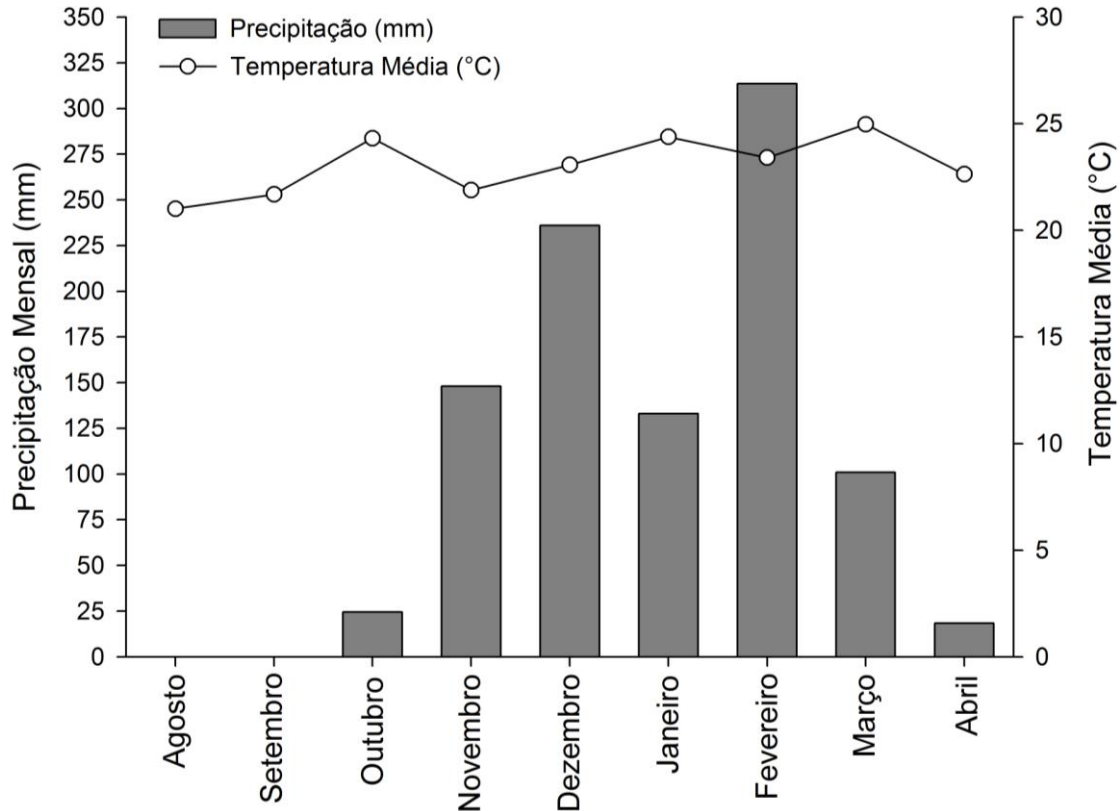
O manejo convencional de brotações de eucalipto é realizado a partir da aplicação de glyphosate sobre brotações com até 1,20 m de altura, porém muitas vezes há baixa eficiência de controle devido à problemas na cobertura do alvo durante a aplicação, alto vigor das brotações e emissão de novas brotações, mesmo após aplicação. Nestes casos, observa-se que podem ser necessárias três ou mais intervenções de controle o que eleva o tempo de operação, o gasto e uso de herbicidas e, o custo das atividades. Algumas outras formas de aplicação de herbicidas têm sido estudadas para controle de brotações indesejadas de eucalipto como a aplicação de triclopyr, metsulfuron-methyl ou glyphosate sobre a superfície das cepas em até 15 minutos após o corte (LITTLE; ECCLES, 2000; LITTLE, 2003; LITTLE; BERG, 2007; ROBERTS et al., 2018), aplicação de herbicidas diretamente no tronco das árvores antes do corte raso (LITTLE, 2003; SILVA et al., 2004; ROBERTS et al., 2018), aplicação de herbicidas sobre brotações indesejadas com diferentes alturas e controle manual (LITTLE, 2007; ROBERTS et al., 2016). Porém, observa-se a necessidade de realizar mais de uma intervenção para atingir um nível satisfatório de controle.

Assim, é de suma importância estudar diferentes doses, produtos e formas de aplicação associadas ao controle de brotações com objetivo de propor novas técnicas ou adaptar métodos já existentes para aplicação de herbicidas no controle de brotações. Desta forma, a aplicação de herbicidas após a colheita da madeira, diretamente sobre a superfície de corte das cepas remanescentes, pode ser um método eficiente, menos oneroso e com menor impacto ambiental em relação à aplicação convencional.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência dos herbicidas glyphosate e imazapyr aplicados em pós-corte diretamente sobre a superfície de cepas de eucalipto no controle de brotações indesejadas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram implantados no município de Itacambira-MG, na empresa Plantar Siderúrgica S.A. entre os meses de agosto de 2017 a abril de 2018. O clima da região é classificado como Cwb, subtropical úmido com inverno seco e verão temperado (ALVARES et al., 2013) com altitude de aproximadamente 1217 metros. Os dados referentes à precipitação mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) durante o período de implantação, condução e avaliação dos experimentos estão representados na Figura 1.



**Figura 1** – Precipitação média mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) na área experimental, no município de Itacambira-MG, durante o período de agosto de 2017 a abril de 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018. Dados - Estação meteorológica Plantar Siderúrgica S.A.

A área experimental correspondeu a um talhão conduzido em sistema de talhadia de um clone *E. grandis* x *E. urophylla* plantado no espaçamento de 3 x 3 m. O plantio inicial foi realizado em 2001 e conduzido até 2009, quando foi realizado o primeiro corte do fuste útil. Em 2010, iniciou-se o manejo da área para condução das brotações por talhadia. O segundo corte das árvores foi realizado em agosto de 2017, quando o presente trabalho foi realizado. As árvores tinham 7,5 anos de idade e a colheita foi realizada com máquina florestal *Feller-Buncher* e a retirada da madeira foi realizada com máquina florestal *Skidder* em até 42 horas após o início do corte com arraste do fuste útil.

Foram realizados dois experimentos em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições e cinco tratamentos, onde cada parcela experimental foi representada por 36 cepas de eucalipto. O experimento 1 consistiu da aplicação de doses crescentes de glyphosate com utilização do produto comercial Touchdown® (500 g e.a. L<sup>-1</sup>) (TABELA 1). E o experimento 2 consistiu da aplicação de doses crescentes de imazapyr com utilização do produto comercial Chopper Florestal® (250 g e.a. L<sup>-1</sup>) (TABELA 2). Ambos os experimentos continham um tratamento controle, sem aplicação de herbicida.

**Tabela 1** – Descrição dos tratamentos do experimento 1, com aplicação de doses de glyphosate sobre a superfície de corte das cepas de eucalipto após 42 horas do abate das árvores

Herbicida	Dose de Herbicida (mL por cepa)	Dose de Calda (mL por cepa)	Dose de Herbicida (L ha <sup>-1</sup> )*	Dose do princípio ativo (kg ha <sup>-1</sup> )*
-	0	0	0	0
Glyphosate	1,5	15	1,67	0,84
Glyphosate	3	15	3,33	1,67
Glyphosate	4,5	15	5,00	2,50
Glyphosate	6	15	6,67	3,34

\* Considerando 1111 árvores por hectare (espaçamento de 3 x 3 m).

Fonte: Do autor, 2018.

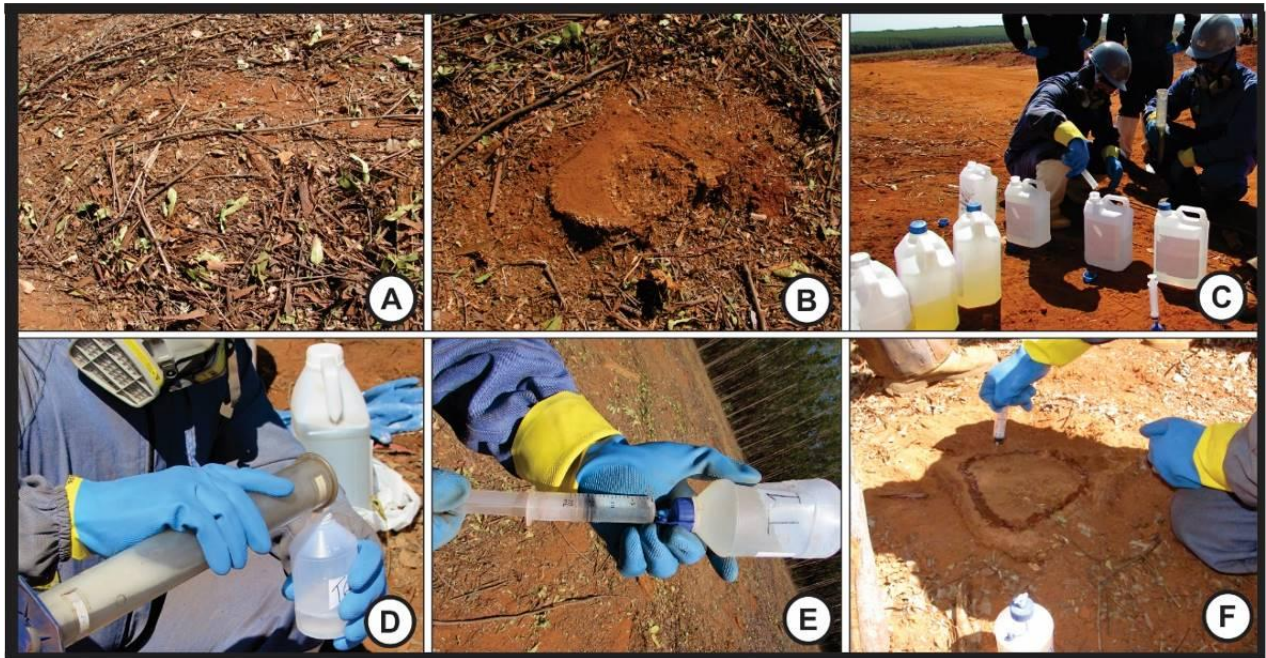
**Tabela 2** – Descrição dos tratamentos do experimento 2, com aplicação de doses de imazapyr sobre a superfície de corte das cepas de eucalipto após 42 horas do abate das árvores

Herbicida	Dose de Herbicida (mL por cepa)	Dose de Calda (mL por cepa)	Dose de Herbicida (L ha <sup>-1</sup> )*	Dose do princípio ativo (kg ha <sup>-1</sup> )
-	0	0	0	0
Imazapyr	0,1	15	0,11	0,028
Imazapyr	0,3	15	0,33	0,083
Imazapyr	0,5	15	0,56	0,140
Imazapyr	0,7	15	0,78	0,195

\* Considerando 1111 árvores por hectare (espaçamento de 3 x 3 m).

Fonte: Do autor, 2018.

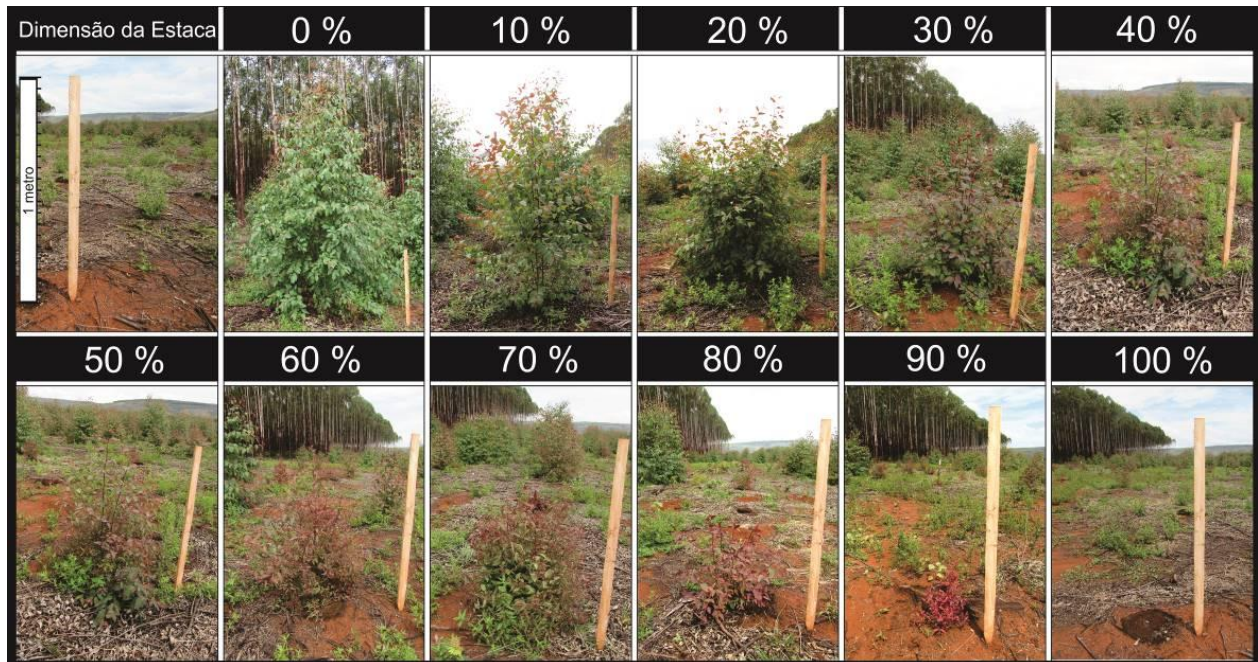
A área experimental, após o corte das árvores de eucalipto, apresentava-se com muitos resíduos sobre a superfície de corte das cepas remanescentes (FIGURA 2A). Portanto, foi necessário realizar a limpeza das mesmas (FIGURA 2B) antes da aplicação dos herbicidas, com uso de vassouras. Para a aplicação dos herbicidas foram utilizados recipientes plásticos com volume de 5 L (FIGURA 2C) para realizar a diluição dos herbicidas de cada experimento, em suas respectivas doses. As doses foram aplicadas num bloco por vez, onde a calda de cada dose foi transferida para recipientes plásticos menores (FIGURA 2D), com volume de aproximadamente 500 mL. A aplicação dos herbicidas de cada tratamento ocorreu entre 42 e 48 horas após o corte das árvores, com a aplicação de 15 mL de calda por cepa com auxílio de seringas plásticas graduadas (FIGURA 2E). A aplicação foi realizada ao redor da superfície das cepas, principalmente na área do alburno, evitando-se a área do cerne do tronco (FIGURA 2F).



**Figura 2** – Aplicação de doses de glyphosate e imazapyr na superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, 42 horas pós-corte das árvores. A – Cepas de eucalipto após corte com presença de resíduos sobre sua superfície; B – cepas de eucalipto após limpeza; C – diluição das doses em recipientes plásticos com volume de 5L; D e E – Recipientes plásticos com volume de 500 mL utilizados para aplicação das doses de herbicida; E – Seringas plásticas graduadas utilizadas para aplicação de 15 mL de calda e F – Superfície das cepas de eucalipto durante a aplicação das doses de herbicida.

Fonte: Do autor, 2017.

A aplicação dos herbicidas ocorreu no dia 09 de agosto de 2017 e realizou-se o acompanhamento da emissão das brotações nas cepas dos tratamentos controle e nas cepas adjacentes à área experimental para determinar o início do período das avaliações. Aos 220 dias após aplicação dos herbicidas (DAH) foi realizada a medição de altura das brotações, com auxílio de trena graduada, e a contagem do número de brotações nas 16 cepas centrais de cada parcela experimental. Posteriormente, realizou-se o cálculo da média de altura e de número de brotações por cepa de cada parcela experimental. Adicionalmente, foi realizada aos 225 DAH a avaliação de contagem do número de cepas com presença de brotações nas 16 cepas centrais de cada parcela experimental. Os dados coletados foram apresentados em percentual de cepas com presença de brotações. Para avaliar a eficiência de controle das brotações indesejadas foi elaborada uma escala de eficiência de controle (FIGURA 3). A escala considerou o porte, vigor e capacidade de desenvolvimento das brotações. Foram avaliadas aos 225 DAH, as 16 cepas centrais de cada parcela experimental, com atribuição de notas de 0 a 100%, onde 0 correspondeu a ausência de controle e 100% correspondeu ao controle total das brotações. Posteriormente, realizou-se a média das notas de controle para cada parcela experimental.



**Figura 3** – Escala de eficiência de controle de brotações de um clone *E. grandis* x *E. urophylla* aos 225 dias após aplicação de herbicida na superfície de corte das cepas, 42 horas após corte das árvores

Fonte: Do autor, 2018.

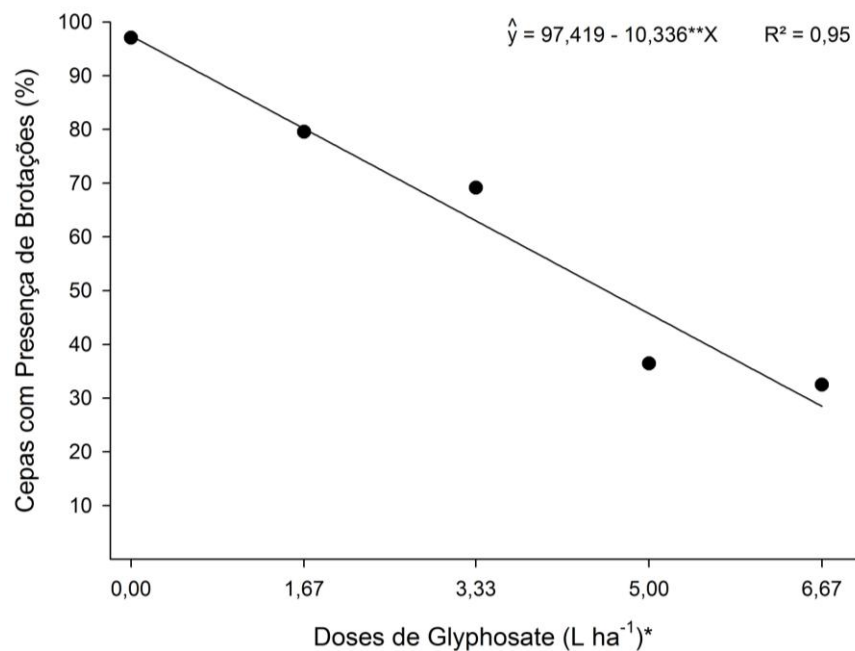
Aos 225 DAH realizou-se o corte da parte aérea das brotações provenientes das 8 cepas centrais de cada parcela experimental para obtenção da massa verde. As brotações de pequeno porte foram retiradas na base das cepas, armazenadas em sacos de papel previamente identificados e encaminhadas ao laboratório para pesagem em balança digital de precisão. Já as brotações de médio e grande porte foram retiradas na base das cepas, com auxílio de motosserra, e posteriormente armazenadas em sacolas de rafia (*bags*) para realizar a pesagem no campo com utilização de balança portátil com capacidade de 50 kg e precisão de 20 g. Na aferição da massa verde das brotações, considerou-se o peso médio, tanto dos sacos de papel utilizados para pesagem das brotações de pequeno porte quanto das *bags* utilizadas para pesagem das brotações de médio e grande porte. Esses valores foram utilizados para serem desconsiderados no cálculo da massa verde das brotações. Os dados relativos a massa verde das brotações corresponderam a média da massa verde para cada parcela experimental.

Os dados obtidos foram analisados com auxílio do *software RStudio*<sup>®</sup>, onde foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos pelo teste Shapiro-Wilk e à análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Nas variáveis respostas em que houve efeito significativo para os tratamentos testados ajustou-se equações de regressão com base no comportamento biológico dos dados, na significância dos modelos e coeficientes de regressão ( $p \leq 0,05$ ) e no coeficiente de determinação. Após a obtenção dos ajustes de regressão no *software RStudio*<sup>®</sup> os gráficos de regressão foram elaborados no *software SigmaPlot*<sup>®</sup>.

## RESULTADOS

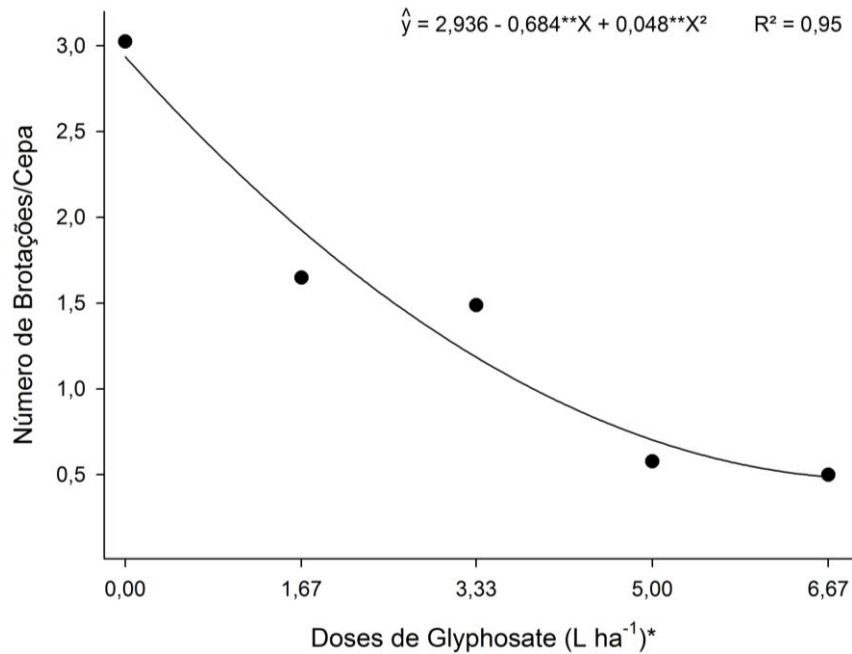
### Experimento 1 – Glyphosate aplicado sobre a superfície de cepas de eucalipto e o controle de brotações

Houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) da aplicação de doses de glyphosate sobre a superfície de corte das cepas de eucalipto para todas as características analisadas. Observou-se redução linear da porcentagem de cepas com presença de brotações de acordo com o aumento da dose de glyphosate aplicada. Esta redução do número de cepas com presença de brotações foi observada em taxa de decréscimo de 10,34% a cada L aplicado do herbicida. Na dose de 5 L ha<sup>-1</sup> de glyphosate houve emissão de brotações em aproximadamente 45% das cepas e com o aumento da dose aplicada houve um ápice de redução, com emissão de brotações em apenas 28% das cepas tratadas (FIGURA 4). Também foi observado a redução do número médio de brotações emitidos por cepa com o aumento das doses de glyphosate. O aumento das doses de glyphosate testadas promoveu a redução de até 82% no número médio de brotos emitidos por cepa (FIGURA 5).



**Figura 4** – Percentual médio de cepas com emissão de brotações (%) em função de doses de glyphosate (Touchdown<sup>®</sup> 500g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçados de 3 x 3 m.

Fonte: Do autor, 2018.

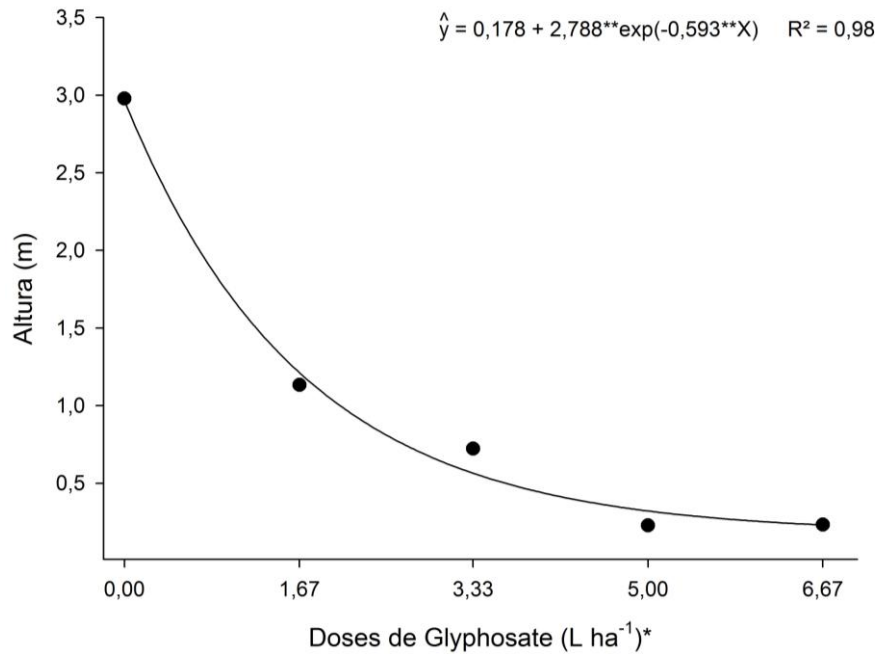


**Figura 5** – Número médio de brotações por cepa em função de doses de glyphosate (Touchdown<sup>®</sup> 500g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçados de 3 x 3 m

Fonte: Do autor, 2018.

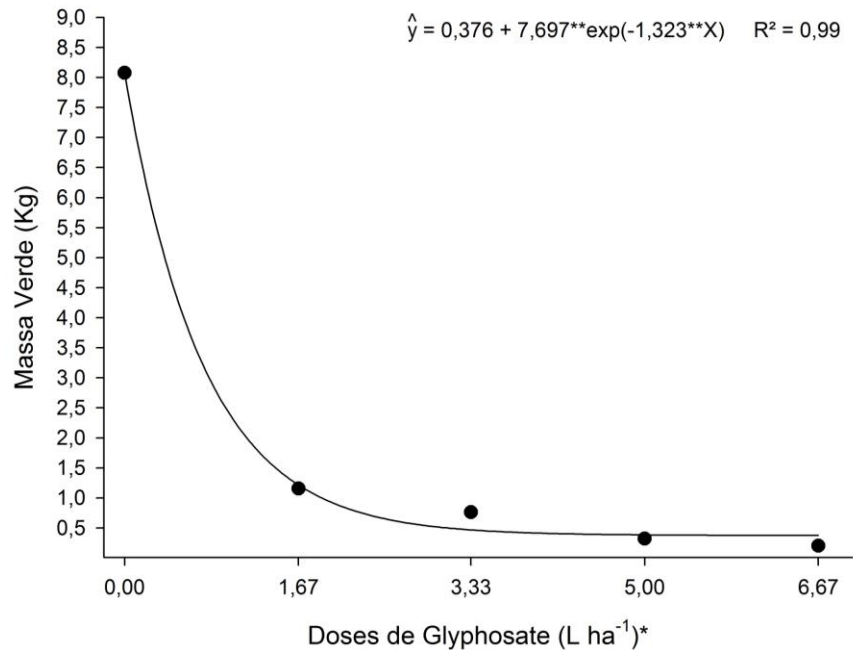
As brotações provenientes de cepas sem aplicação de herbicida apresentaram presença de brotações em aproximadamente 97% das cepas com um número médio de 3 brotações por cepa (FIGURAS 4 e 5), além de valores próximos de 8,0 kg para massa verde e de 3,0 m para altura (FIGURAS 6 e 7). Porém, a aplicação de doses de glyphosate promoveu redução acentuada na altura e da massa verde das brotações do eucalipto (FIGURAS 6 e 7). Apesar de ter ocorrido emergência de brotações em algumas das cepas tratadas com as maiores doses de glyphosate, observou-se que estas brotações apresentavam baixo vigor aos 225 dias após aplicação do herbicida. Observou-se que o aumento das doses de glyphosate testadas promoveu redução superior a 90% da altura e massa verde das brotações das brotações de eucalipto, fato observado a partir da aplicação de doses de pelo menos 5,0 L ha<sup>-1</sup> (FIGURAS 6 e 7). Estes valores demonstram a eficiência do glyphosate no controle das brotações quando aplicado em pós-corte das árvores. As variáveis altura e massa verde representam melhor a eficiência do produto em relação às variáveis de porcentagem de cepas com presença de brotação e de número de brotos emitidos por cepa.





**Figura 6** – Altura média (m) de brotações em função de doses de glyphosate (Touchdown<sup>®</sup> 500g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçados de 3 x 3 m

Fonte: Do autor, 2018.

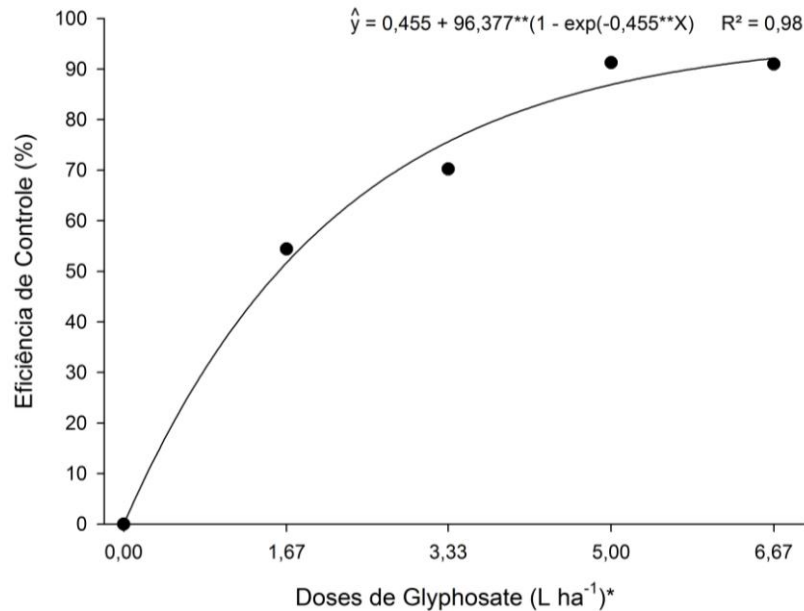


**Figura 7** – Valores médios da massa verde (kg) da parte aérea de brotações em função de doses de glyphosate (Touchdown<sup>®</sup> 500g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçados de 3 x 3 m

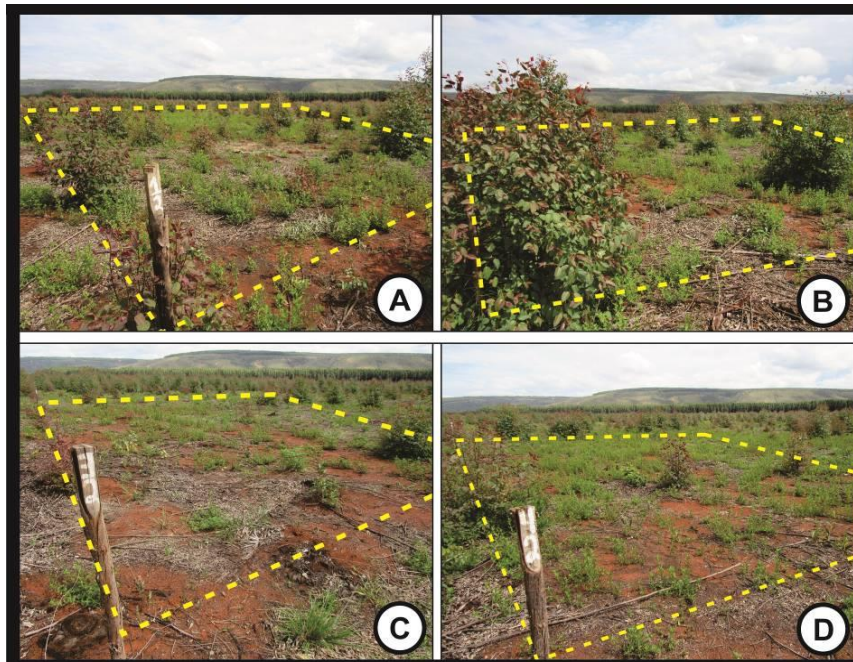
Fonte: Do autor, 2018.

A elevada redução da altura e massa verde da parte aérea das brotações retrata a alta eficiência de controle das brotações de eucalipto obtida a partir das aplicações de maiores doses de glyphosate. Observou-se que o aumento das doses de glyphosate testadas promoveu o aumento dos níveis de

eficiência de controle obtidos, com valores máximos de 92% (FIGURA 8), considerados satisfatórios. Os baixos índices de controle obtidos após a aplicação das doses de 1,67 e 3,33 L ha<sup>-1</sup> de glyphosate ocorreram devido à presença de brotações vigorosas em parte das cepas das respectivas parcelas experimentais (FIGURAS 9A e 9B). Por outro lado, a aplicação das doses de 5,0 e 6,67 L ha<sup>-1</sup> de glyphosate promoveu níveis satisfatórios de controle, onde a área das respectivas parcelas experimentais apresentavam-se com reduzida presença de brotações (FIGURAS 9C e 9D).



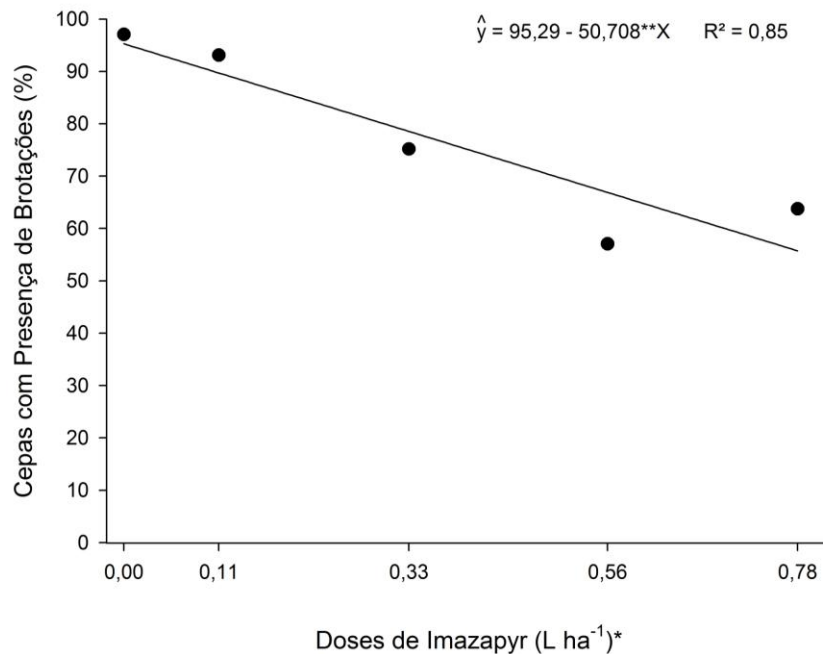
**Figura 8** – Eficiência de controle (%) de brotações em função de doses de glyphosate (Touchdown<sup>®</sup> 500g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçados de 3 x 3 m. Fonte: Do autor, 2018.



**Figura 9** - Caracterização das parcelas experimentais em função de doses de glyphosate (Touchdown<sup>®</sup> 500g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*. A – aplicação de 1,67 L ha<sup>-1</sup>; B – aplicação de 3,33 L ha<sup>-1</sup>; C – aplicação de 5,0 L ha<sup>-1</sup>; D – aplicação de 6,67 L ha<sup>-1</sup>

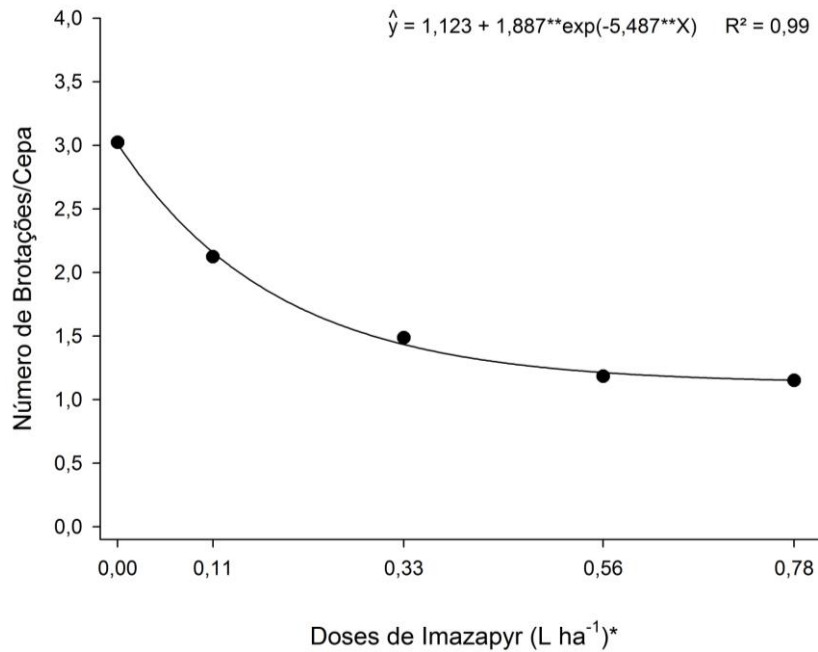
## Experimento 2 – Imazapyr aplicado sobre a superfície de cepas de eucalipto e o controle de brotações

Houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) da aplicação de doses de imazapyr sobre a superfície de corte das cepas de eucalipto para todas as variáveis analisadas. A aplicação de doses de imazapyr sobre a região superficial do corte das árvores de eucalipto promoveu redução linear da porcentagem de cepas com presença de brotações de acordo com o aumento da dose aplicada. Esta redução da porcentagem de cepas com presença de brotações foi observada em taxa de decréscimo de 5,07% a cada 0,1 L aplicado do herbicida. O ápice de redução da porcentagem de cepas ocorreu na maior dose testada, onde 55% das cepas tratadas apresentaram emissão de brotações (Figura 10). Adicionalmente, observou-se que o aumento da dose aplicada de imazapyr promoveu redução em até 61,7% do número médio de brotos emitidos por cepa (FIGURA 11).



**Figura 10** – Percentual médio de cepas com emissão de brotações (%) em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal<sup>®</sup> 250g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçados de 3 x 3 m

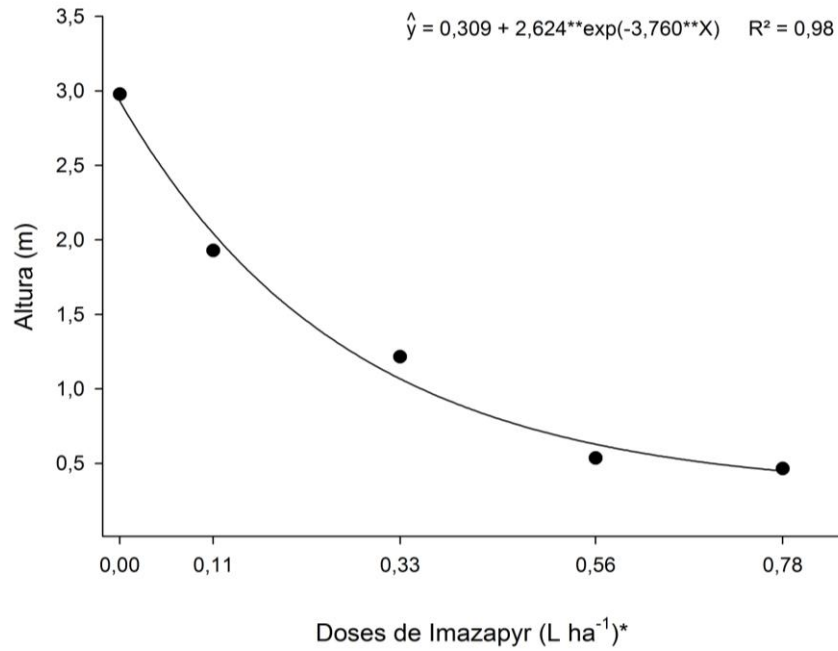
Fonte: Do autor, 2018.



**Figura 11** – Número médio de brotações por cepa em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal<sup>®</sup> 250g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçados de 3 x 3 m

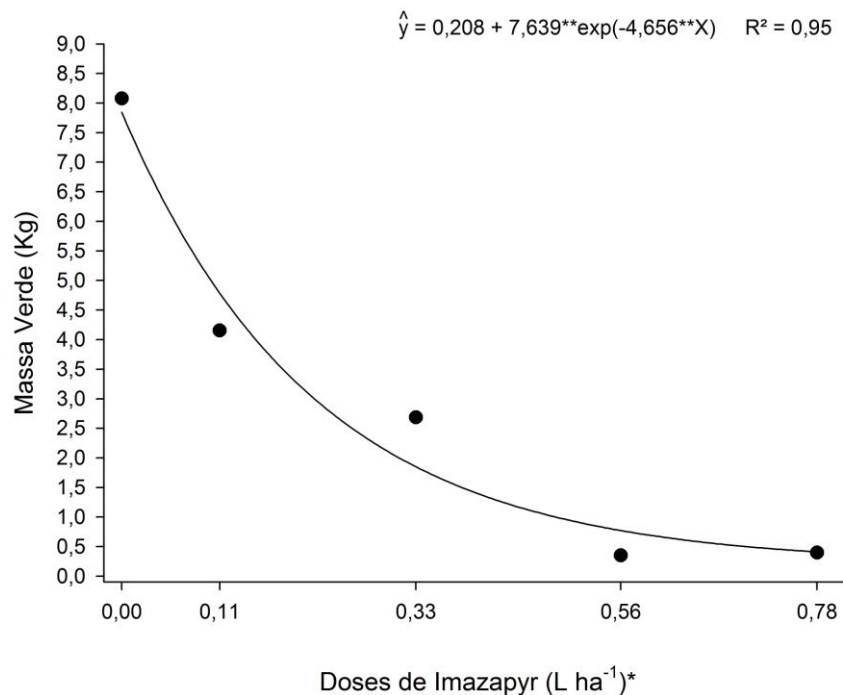
Fonte: Do autor, 2018.

A aplicação de doses de imazapyr promoveu redução da altura e da massa verde das brotações. A aplicação de doses de imazapyr promoveu redução em até 84% da altura e de mais de 90% da massa verde das brotações (FIGURAS 12 e 13). Apesar de ter sido observado a redução da massa verde e em altura das brotações após aplicação de doses de imazapyr, esta redução não foi tão eficaz do ponto de vista prático, pois o porte e vigor destas brotações mesmo que reduzidos poderiam ocasionar problemas futuros em relação a competitividade com mudas implantadas na reforma do plantio, fato representado pelos índices de controle obtidos a partir das doses de imazapyr testadas. Observou-se que o aumento da dose de imazapyr promoveu incremento na eficiência de controle das brotações, com valores máximos de 82% (FIGURA 14). Os baixos índices de controle obtidos após a aplicação das doses de 0,11 e 0,33 L ha<sup>-1</sup> de imazapyr retrataram à presença de brotações vigorosas em várias cepas das respectivas parcelas experimentais (FIGURAS 15A e 15B). A aplicação das doses de 0,56 e 0,78 L ha<sup>-1</sup> de imazapyr promoveu redução na presença de brotações, porém elevados índices de controle não foram alcançados devido à presença de brotações vigorosas em algumas das cepas tratadas (FIGURAS 15C e 15 D).



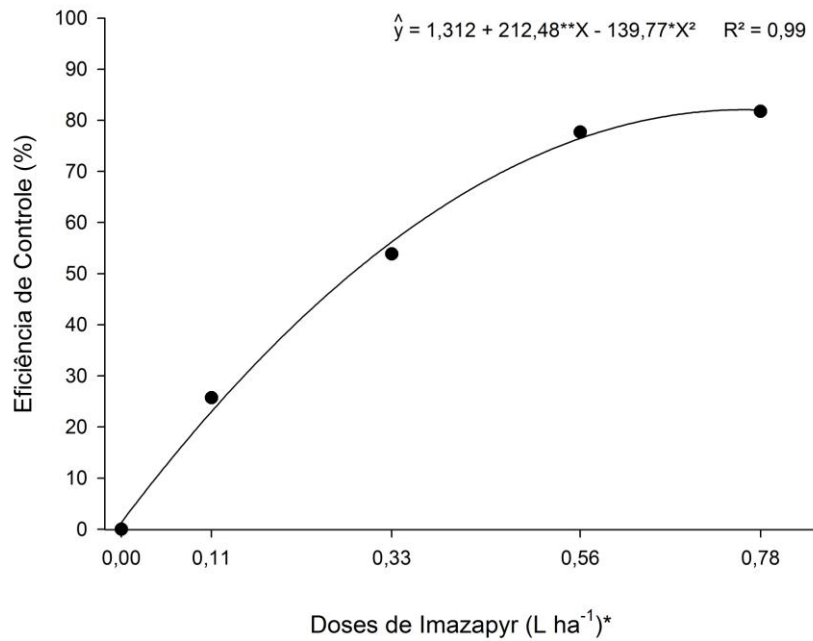
**Figura 12** – Altura média (m) de brotações em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal<sup>®</sup> 250g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçados de 3 x 3 m

Fonte: Do autor, 2018.



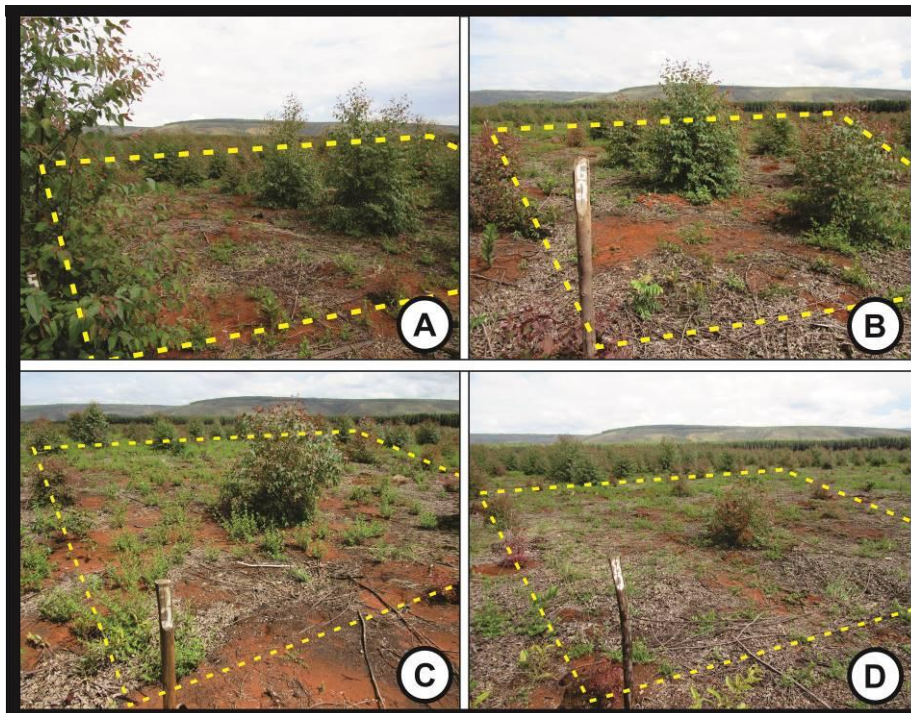
**Figura 13** – Valores médios da massa verde (kg) da parte aérea de brotações em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal<sup>®</sup> 250g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçados de 3 x 3 m

Fonte: Do autor, 2018.



**Figura 14** – Eficiência de controle (%) de brotações em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal<sup>®</sup> 250g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçados de 3 x 3 m

Fonte: Do autor, 2018.



**Figura 15** - Caracterização das parcelas experimentais em função de doses de imazapyr (Chopper Florestal<sup>®</sup> 250g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas pós-corte de forma dirigida sobre a superfície de corte das cepas de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*. A – aplicação de 0,11 L ha<sup>-1</sup>; B – aplicação de 0,33 L ha<sup>-1</sup>; C – aplicação de 0,56 L ha<sup>-1</sup>; D – aplicação de 0,78 L ha<sup>-1</sup>.

## DISCUSSÃO

O método de controle pós-corte, a partir da aplicação de glyphosate ou imazapyr sobre a superfície de corte das cepas de eucalipto, apresenta potencial uso no controle de brotações indesejadas. Mesmo com a alta capacidade de rebrota do eucalipto, observou-se que a aplicação de glyphosate ou imazapyr sobre a região superficial do corte das árvores de eucalipto, após 42 horas do abate das mesmas, promoveu a redução na emissão, desenvolvimento e vigor das brotações. Estes resultados apresentam importantes aplicações práticas para empresas e produtores florestais, quanto a erradicação de cepas remanescentes ou redução do vigor das brotações de eucalipto oriundas das mesmas.

Ressalta-se que embora as cepas submetidas às maiores doses de glyphosate e imazapyr tenham apresentado emissão de brotações em aproximadamente 30% e 55% das cepas, respectivamente, grande parte destas brotações apresentaram baixo vigor e desenvolvimento quando avaliadas aos 225 dias após aplicação dos herbicidas. Dessa forma, não afetariam de forma significativa o desenvolvimento das mudas transplantadas posteriormente na reforma do talhão. Além disso, no preparo das áreas para reforma de plantios de eucalipto há aplicação de glyphosate para manejo de plantas daninhas (TUFFI SANTOS et al., 2006; 2007a). Assim, aplicações pré-plantio no manejo de plantas daninhas podem favorecer a erradicação das brotações remanescentes que emergiram com baixo vigor e desenvolvimento.

A emissão de novas brotações está relacionada à presença de gemas dormentes e lignotubers (CARR et al., 1984; LITTLE; GARDNER, 2003; CLARKE et al., 2013) que se tornam ativas após distúrbios como incêndios ou o próprio corte das árvores (BURROWS, 2013; CLARKE et al., 2013). Após o corte raso do eucalipto, as gemas iniciam seu desenvolvimento tornando-se fortes drenos, onde as brotações emitidas apresentam rápido incremento em área foliar devido a maior alocação de recursos do solo para a parte aérea (DRAKE et al., 2009; SOUZA et al., 2016) e pela menor exigência de translocação de fotoassimilados para as raízes (DRAKE et al., 2012). Os herbicidas glyphosate e imazapyr são produtos sistêmicos com translocação preferencial via floema até células e meristemas em crescimento (SILVA et al., 2007; MACHADO et al., 2010; CARVALHO et al., 2015), assim a aplicação pós-corte por ser localizada permite a proximidade e rápida translocação da molécula herbicida aos pontos de crescimento, neste caso, às gemas adventícias, interferindo diretamente na emissão e desenvolvimento das brotações.

O controle efetivo ocorre quando o herbicida inibe totalmente a emissão de brotações, fato observado em quase 60% das cepas tratadas com doses de pelo menos 5,0 L ha<sup>-1</sup> de glyphosate. Adicionalmente, a efetividade da aplicação de glyphosate e imazapyr não foi afetada pelo longo período entre corte e emissão de brotos. O início da emissão de brotos ocorreu aproximadamente aos 100 dias após corte, em razão do longo período sem chuvas (FIGURA 1). Porém, mesmo após este período os herbicidas utilizados apresentaram-se ativos e eficientes, pois reduziram a emissão e desenvolvimento das brotações.

Além dos níveis de controle alcançados observa-se ganhos relacionados a aspectos operacionais e ambientais com utilização do método de controle pós-corte. A partir da aplicação de 5,0 L ha<sup>-1</sup> de glyphosate sobre a superfície de cepas observou-se níveis de controle satisfatórios com apenas uma

aplicação, com isso por não ser necessário operações adicionais há possibilidade de redução de custo e tempo operacional. No manejo químico convencional há pulverização de herbicidas sobre brotações com 0,90 a 1,20 m de altura. Neste caso, podem ser necessários pelo menos três operações de controle (LITTLE; 2003; ROBERTS et al.; 2016), devido ao elevado vigor das brotações e baixa cobertura de aplicação.

O menor número de operações com o método de controle pós-corte também auxilia na redução da quantidade de herbicidas e do volume de água necessários durante as operações de controle. No manejo químico convencional, a partir da pulverização de herbicidas usualmente são utilizadas doses de pelo menos 5 L ha<sup>-1</sup> de glyphosate e volumes de calda que variam de 100 a 200 L ha<sup>-1</sup>. Ao se levar em consideração que são necessárias mais de uma operação de controle a quantidade de herbicida e volume de calda total gasto podem ser ainda maiores. Neste trabalho, a aplicação de glyphosate em doses de pelo menos 5 L ha<sup>-1</sup> apresentou níveis satisfatórios de controle. Por não ser necessário a realização de operações adicionais, este método reduz a quantidade de herbicida. Adicionalmente, a aplicação de 15 mL de calda por cepa, resulta em volume total por hectare inferior a 20 L, considerando-se o espaçamento entre plantas de 3 x 3 m. Com isso, neste método de controle há redução expressiva do consumo de água necessário em relação ao manejo químico convencional, aspecto de importância ambiental, notadamente em regiões com escassez desse recurso. Em regiões onde existe presença de água de baixa qualidade para aplicação essa redução no volume de calda utilizado seria um ganho considerável.

Outro fator positivo no controle pós-corte das cepas é a baixa ocorrência de deriva e, conseqüentemente, menor intoxicação de outras plantas, problema que pode ocorrer no manejo químico convencional (LITTLE; ECCLES, 2000). No caso do eucalipto, a redução de crescimento e produtividade pela ocorrência de deriva pode variar de acordo com a idade das plantas (SALGADO et al., 2017). A deriva do glyphosate pode promover sintomas de intoxicação e redução de crescimento em plantas de eucalipto (TUFFI SANTOS et al., 2007a; 2008; CARVALHO et al., 2015; SANTOS JUNIOR et al., 2015; SALGADO et al., 2017; SANTOS et al., 2019).

O imazapyr é um herbicida sistêmico que apresenta efeito residual no solo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018) e sua persistência no ambiente pode ser elevada devido à alta solubilidade em água que promove movimento do herbicida no perfil do solo (RAMEZANI et al., 2008). Já o glyphosate apresenta baixo risco ambiental por apresentar elevada sorção no solo (SALGADO et al., 2011; SILVA et al., 2007; OLIVEIRA Jr, 2011), desta forma, aplicações em pré-plantio não trazem riscos às mudas implantadas posteriormente (MINOGUE et al., 2018). Porém, organismos e superfícies não-alvo tais como plantas nativas, fauna terrestre e corpos hídricos podem ser expostos tanto ao glyphosate (ROLANDO et al., 2017; EDGE et al., 2013; ANNET et al., 2014) quanto ao imazapyr (ISBISTER et al., 2017; DOUGLASS et al., 2016). Estes organismos ou superfícies podem ser expostos pela pulverização direta ou deriva do glyphosate durante as operações de controle, assim como pelo efeito residual e movimentação do imazapyr. No método de controle utilizado neste trabalho houve a aplicação de herbicida de forma dirigida sobre a superfície das cepas de eucalipto, assim os riscos de deriva e pulverização direta sobre organismos não-alvo são praticamente nulos. Adicionalmente, o baixo volume de calda utilizado com este método de controle também reduz os riscos de escoamento do herbicida na superfície das cepas, assim praticamente não há contato direto entre o herbicida e o solo.



Estudos com aplicação de outros herbicidas sobre a superfície de corte das cepas também foram realizados para avaliar o controle de brotações de eucalipto. Ao contrário dos resultados obtidos neste trabalho, Little e Eccles (2000) em estudo para avaliar a aplicação de herbicidas no controle de brotações de *E. grandis* observaram que após aplicação de glyphosate sobre as cepas foram necessárias operações de controle manuais adicionais para realizar o controle das brotações, porém estes mesmo autores observaram que a aplicação de triclopyr sobre as cepas promoveu o controle de brotações com apenas uma operação. Roberts et al. (2018) observaram que a aplicação de triclopyr sobre cepas de *E. macarthurii* promoveu o controle de aproximadamente 88% das cepas. Little e Berg (2007) observaram que a aplicação de triclopyr isolado ou em mistura com glyphosate ou metsulfuron-methyl promoveu o controle de 88 a 95% das cepas tratadas com herbicida. Já Little (2003) observou que foram necessárias pulverizações adicionais mesmo após a aplicação de imazapyr sobre cepas de *E. grandis*. O herbicida metsulfuron-methyl não é registrado para a cultura do eucalipto no Brasil (AGROFIT, 2018; RODRIGUES; ALMEIDA, 2018), além disso tanto o metsulfuron-methyl quanto o triclopyr apresentam elevado efeito residual no solo (SILVA et al., 2007; OLIVEIRA Jr., 2011) por isso apesar destes herbicidas apresentarem em alguns trabalhos resultados satisfatórios de controle o seu uso no Brasil é limitado.

Na tabela 3 é apresentado o quadro comparativo entre o método convencional de controle de brotações e o controle pós-corte, considerando-se a dose pesquisada de 4,5 mL do produto comercial Touchdown<sup>®</sup> por cepa (equivalente a 2,25 g de glyphosate). Observa-se, como desvantagem do método de controle pós-corte apenas a necessidade de retirada da madeira da área antes da aplicação do herbicida sobre as cepas.

**Tabela 3** – Comparativo entre técnicas de eliminação da brotação (aos 227 dias após o corte) de cepas de eucalipto pelo método de controle convencional\* ou pós-corte

Descrição	Controle de brotações desenvolvidas (convencional)	Controle pós-corte usando 4,5 mL de glyphosate* por cepa
<b>Presença de brotações nas cepas</b>	Praticamente em 100% das cepas	Redução de até 65% de cepas com brotações
<b>Média de brotações por cepa brotada</b>	3 unidades	0,5 unidade
<b>Altura das brotações</b>	3 m	0,5 m
<b>Massa verde de brotações por cepa</b>	8 kg	0,5 kg
<b>Aplicação de glyphosate em pré-plantio para manejo de daninhas elimina brotações remanescentes?</b>	Não	Sim
<b>Aplicações adicionais de glyphosate específico para controle das brotações?</b>	Sim, até 3 aplicações adicionais.	Sem necessidade.
<b>Dose total de glyphosate para controle de brotações</b>	Até 15 L ha <sup>-1</sup> de produto comercial com 50% de glyphosate	Admitindo-se o espaçamento de 3 x 3, seriam necessários 5 L ha <sup>-1</sup> de produto comercial com 50% de glyphosate.
<b>Volume total de água para controle das brotações</b>	Em média três aplicações de 150 L ha <sup>-1</sup> de solução, totalizando 450 L ha <sup>-1</sup> .	Em média, 17 L ha <sup>-1</sup> , considerando 15 mL por cepa espeçadas 3 x 3 m.
<b>Risco de deriva</b>	Elevado	Nulo
<b>Período de controle das brotações</b>	Após formação de parte aérea satisfatória a partir de 90 a 120 dias após o corte.	Até 72 h após o corte.
<b>Limitações práticas**</b>	Alto vigor das brotações que diminuem a eficiência de controle e emissões de novos brotos, mesmo após controle químico. Dificuldades operacionais com a tecnologia de aplicação.	Necessidade de retirada da madeira da área antes da aplicação do herbicida sobre as cepas.

\* Produto comercial Touchdown® (500 g e.a. L<sup>-1</sup>).

\*\* Limitação não imposta a pequenos e médios produtores, cujo nível tecnológico permite a aplicação do produto pós-corte.

Segundo a recomendação do fabricante, a aplicação de herbicida para erradicação de cepas de eucalipto deve ser realizada em até 72 horas após o corte das árvores (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018; BASF, 2018), para que haja eficiente absorção do herbicida antes que a superfície das cepas se

cicatrise. Porém, operacionalmente este período pode ser insuficiente, já que devido questões de segurança operacional recomenda-se a retirada da madeira da área antes da aplicação sobre cepas (ROBERTS et al., 2018). Desta forma, a eficiência da aplicação dos herbicidas sobre a superfície de corte das cepas pode ser influenciada pelo tempo necessário entre a colheita das árvores e a retirada da madeira. Adicionalmente, por se tratar de um método de aplicação manual o rendimento operacional pode influenciar na adoção deste método de controle em escala comercial. Com isso, torna-se necessário desenvolver tecnologias que permitam a utilização deste método de controle de brotações concomitantemente com as operações de colheita florestal.

No Brasil, quase 5,6 milhões de hectares são destinados à plantios de espécies do gênero *Eucalyptus*, sendo aproximadamente 520 mil hectares provenientes de programas de fomento entre empresas e produtores (IBA, 2017) que podem apresentar áreas de pequeno e médio porte. Em alguns casos, em áreas de plantio de eucalipto de produtores de pequeno e médio porte observa-se baixo nível tecnológico, devido ao elevado custo de implementos florestais. Desta forma, em áreas onde a colheita florestal é realizada com equipamentos com menor nível tecnológico, como por exemplo motosserras, o método de controle pós-corte pode ser realizado simultaneamente à colheita. Além disso, este método de aplicação pode ser utilizado para erradicação de cepas em áreas sob linhas de transmissão de energia e em áreas de preservação permanente ou de reserva legal, com maior eficiência de controle e redução de riscos de contaminação de plantas em áreas adjacentes.

## **CONCLUSÕES**

A aplicação pós-corte tanto de glyphosate quanto de imazapyr de forma dirigida sobre a superfície das cepas reduz o desenvolvimento das brotações indesejadas de eucalipto.

A aplicação pós-corte das doses de imazapyr testadas não oferecem controle satisfatório das brotações de eucalipto e, portanto, seu uso é limitado, por precisar de novas intervenções de manejo.

Recomenda-se a aplicação dirigida de 5,0 L ha<sup>-1</sup> de glyphosate sobre a superfície de cepas de eucalipto como método de controle de brotações indesejadas.

## REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <www.agrofit.agricultura.gov.br>. Acesso em: 5 jun. 2018.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDERSON, P.C., HIBBERD, K.A. Evidence for the Interaction of an Imidazolinone Herbicide with Leucine, Valine, and Isoleucine Metabolism. **Weed Science**, v. 33, p. 479-483, 1985. <https://doi.org/10.1017/S0043174500082692>
- ANNETT, R., HABIBI, H.R., HONTELA, A. Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment: Impact of glyphosate-based herbicides. **Journal of Applied Toxicology**, v. 34, p. 458-479, 2014. <https://doi.org/10.1002/jat.2997>
- ANTÔNIO, N.; TOME, M.; TOME, J.; SOARES, P.; FONTES, L. Effect of tree, stand, and site variables on the allometry of *Eucalyptus globulus* tree biomass. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 37, n. 5, p. 895-906, 2007.
- BASF. Chopper Florestal®: herbicida para pinus e eucalipto. Acesso em: 08/12/2018. Disponível em: <<http://www.agriculture.basf.com/br/pt/Proteção-de-Cultivos/Chopper-Florestal>>.
- BURROWS, G.E. Buds, bushfires and resprouting in the eucalypts. **Australian Journal of Botany**, v. 61, n. 5, p. 331-349, 2013. <https://doi.org/10.1071/BT13072>
- CARR, D., JAHNKE, R., CARR, S. Initiation, development and anatomy of lignotubers in some species of eucalyptus. **Australian Journal of Botany**, v. 32, n. 4, p. 415-437, 1984. <https://doi.org/10.1071/BT9840415>
- CARVALHO, L. B. D.; ALVES, P. L. D. C. A.; COSTA, F. R. D. Differential response of clones of eucalypt to glyphosate. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 177-187, 2015.
- CASTRO, E. B.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D.; BELAPART, D.; GOMES, G. L. G. C.; BEN, R. Absorção, translocação e efeitos metabólicos do glyphosate em plantas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 719-727, 2016.
- CLARKE, P.J.; LAWES, M.J.; MIDGLEY, J.J.; LAMONT, B.B.; OJEDA, F.; BURROWS, G.E.; ENRIGHT, N.J.; KNOX, K.J.E. Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. **New Phytologist**, v. 197, n. 1, p. 19-35, 2013. <https://doi.org/10.1111/nph.12001>
- DOUGLASS, C.H., NISSEN, S.J., MEIMAN, P.J., KNISS, A.R. Impacts of imazapyr and triclopyr soil residues on the growth of several restoration species. **Rangeland Ecology & Management**, v. 69, n. 3, p. 199-205, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2016.01.006>
- DRAKE, P. L.; MENDHAM, D. S.; WHITE, D. A.; OGDEN, G. N. A comparison of growth, photosynthetic capacity and water stress in *Eucalyptus globulus* coppice regrowth and seedlings during early development. **Tree Physiology**, v. 29, n. 5, p. 663-674, 2009.
- DRAKE, P. L.; MENDHAM, D. S.; WHITE, D. A.; OGDEN, G. N.; DELL, B. Water use and water-use efficiency of coppice and seedling *Eucalyptus globulus* Labill.: a comparison of stand-scale water balance components. **Plant and soil**, v. 350, n. 1-2, p. 221-235, 2012.
- EDGE, C.B., GAHL, M.K., THOMPSON, D.G., HOULAHAN, J.E. Laboratory and field exposure of two species of juvenile amphibians to a glyphosate-based herbicide and *Batrachochytrium dendrobatidis*. **Science of The Total Environment**, 444, n. 1, p. 145-152, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.045>
- FORRESTER, D. I.; BERTRAM, C. A.; MURPHY, S. Impact of competition from coppicing stumps on the growth of retained trees differs in thinned *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus tricarpa* plantations in southeastern Australia. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 42, n. 5, p. 841-848, 2012.
- FORRESTER, D.; BAUHUS, J.; CONNELL, M. Competition in thinned Silvertop Ash (*Eucalyptus sieberi* L. Johnson) stands from early coppice growth. **Forest Ecology and Management**, v. 174, n. 1, p. 459-475, 2003.
- FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. Glyphosate: a unique global herbicide. **American Chemical Society**, 1997.

- GIANELLI, V.R., BEDMAR, F., COSTA, J.L. Persistence and sorption of imazapyr in three Argentinean soils: Persistence and sorption of imazapyr in Argentinean soils. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 33, n. 1, 29–34, 2014. <https://doi.org/10.1002/etc.2400>
- GONÇALVES, J. D. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 70, n. 2, p. 105-118, 2008.
- GONÇALVES, J.L. DE M.; ALVARES, C.A.; HIGA, A.R.; SILVA, L.D.; ALFENAS, A.C.; STAHL, J.; FERRAZ, S.F. DE B.; LIMA, W. DE 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**, v. 301, n. 1, p. 6–27, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>
- HESS, F. D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. Herbicide action: an intensive course on the activity, selectivity, behavior and fate of herbicides in plants and soil. Purdue University, **West Lafayette**, Indiana, p. 344–365, 1994.
- HUBBARD, R. M.; STAPE, J.; RYAN, M. G.; ALMEIDA, A. C.; ROJAS, J. Effects of irrigation on water use and water use efficiency in two fast growing *Eucalyptus* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1714-1721, 2010.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBA. Anuário Estatístico 2017 base 2016. Disponível em: <<http://www.iba.org/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- ISBISTER, K.M., LAMB, E.G., STEWART, K.J. Herbicide toxicity testing with non-target boreal plants: the sensitivity of *Achillea millefolium* L. and *Chamerion angustifolium* L. to triclopyr and imazapyr. **Environmental Management**, v. 60, n. 1, p. 136–156, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0867-7>
- KISHORE, G.M., SHAH, D.M. Amino acid biosynthesis inhibitors as herbicides. **Annual Review of Biochemistry**, v. 57, n. 1, p. 627–663, 1988. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.57.070188.003211>
- KOGAN, M.; ALISTER, C. Glyphosate use in forest plantations. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 70, n. 4, p. 652-666, 2010.
- LITTLE, K. M. Final results from a *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* coppice trial. **Scientia Forestalis**, v. 35, n. 76, p. 85-90, 2007.
- LITTLE, K. M.; ECCLES, N. S. Control of *Eucalyptus grandis* cut-stumps of single-stem origin. **Southern African Forestry Journal**, v. 187, n. 1, p. 45-49, 2000.
- LITTLE, K. M.; BERG, G. J.V.D. Comparison of different herbicides for single stem *Eucalyptus macarthurii* cut stump control. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 19, n. 1, p. 13-17, 2007.
- LITTLE, K.M. Killing *Eucalyptus grandis* cut stumps after multiple coppice rotations in the KwaZulu-Natal midlands, South Africa. **The Southern African Forestry Journal**, v. 199, n. 1, p. 7–13, 2003. <https://doi.org/10.1080/20702620.2003.10431745>
- LITTLE, K.M.; GARDNER, R.A.W. Coppicing ability of 20 *Eucalyptus* species grown at two high-altitude sites in South Africa. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 33, n. 2, p. 181–189, 2003.
- MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; MACHADO, M. S.; FREITAS, F. C. L. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 319-327, 2010.
- MAEDA, H., DUDAREVA, N. The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, p. 73–105, 2012. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105439>
- MINOGUE, P.J., OSIECKA, A., LAUER, D.K. Selective herbicides for establishment of *Eucalyptus benthamii* plantations. **New Forests**, v. 49, n. 4, p. 529–550, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11056-018-9637-5>
- OLIVEIRA JR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA Jr, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 141-192.

- PAYN, T.; CARNUS, J.M.; FREER-SMITH, P.; KIMBERLEY, M.; KOLLERT, W.; LIU, S.; ORAZIO, C.; RODRIGUEZ, L.; SILVA, L.N.; WINGFIELD, M.J. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 57–67, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.021>
- RAMEZANI, M., OLIVER, D.P., KOOKANA, R.S., GILL, G., PRESTON, C. Abiotic degradation (photodegradation and hydrolysis) of imidazolinone herbicides. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, v. 43, n. 2, p. 105–112, 2008. <https://doi.org/10.1080/03601230701794968>
- ROBERTS, J.C.; LITTLE, K.M.; LIGHT, M.E. A comparison of the cost-effectiveness of different eucalypt cut-stump control management options to reduce competition from coppice regrowth during stand establishment in Mpumalanga, South Africa. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 80, n. 3, p. 261–268, 2018. <https://doi.org/10.2989/20702620.2017.1354283>
- ROBERTS, J.C.; LITTLE, K.M.; LIGHT, M.E. The use of glyphosate for the management of secondary coppice regrowth in a *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* coppice stand in Zululand, South Africa. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 78, n. 3, p. 217-223, 2016. <https://doi.org/10.2989/20702620.2016.1183094>
- ROCHA, J.H.T.; WENZEL, A.V.A.; MELO, E.A.S.C.; LIMA, Â.S.F.; HAKAMADA, R.E.; FERRAZ, A.V.; ARTHUR JUNIOR, J.C.; GONÇALVES, J.L.M.; MOREIRA, G.; GONÇALVES, A.N. Responses of coppiced Eucalyptus to macro- and micronutrient application. **New Forests**, p. 1-15, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11056-018-09695-5>
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. **Guia de herbicidas**. 7. ed., 2018.
- ROLANDO, C., BAILLIE, B., THOMPSON, D., LITTLE, K. The Risks Associated with Glyphosate-Based Herbicide Use in Planted Forests. **Forests**, v. 8, n. 6, p. 208-233, 2017. <https://doi.org/10.3390/f8060208>
- SALGADO, T. P.; ALVES, P. L. C. A.; KUVA, M. A.; TAKAHASHI, E. N.; DIAS, T. C. S.; LEMES, L. N. Sintomas da intoxicação inicial de *Eucalyptus* proporcionados por subdoses de glyphosate aplicadas no caule ou nas folhas. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 913-922, 2011.
- SALGADO, T.; PEREIRA, F.C.M.; KUVA, M.A.; ALVES, P.L.C.A. Effects of glyphosate on growth, yield and wood of *Eucalyptus grandis*. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 29, n. 3, p. 257–266, 2017. <https://doi.org/10.26525/jtfs2017.29.3.257266>
- SANTOS JUNIOR, A., TUFFI SANTOS, L.D., FERREIRA, F.A., FERREIRA, L.R., FELIX, R.C., AMARAL, G.C., CRUZ, L.R. Glyphosate drift in eucalyptus plants. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 615–621, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000300024>
- SANTOS, S.A. DOS, TUFFI-SANTOS, L.D., TANAKA, F.A.O., SANT'ANNA-SANTOS, B.F., RODRIGUES, F. DE Á., ALFENAS, A.C. Carfentrazone-ethyl and glyphosate drift inhibits uredinial formation of *Austropuccinia psidii* on *Eucalyptus grandis* leaves. **Pest Management Science**, v. 75, n. 1, p. 53–62, 2019. <https://doi.org/10.1002/ps.5163>
- SHANER, D.L., ANDERSON, P.C., STIDHAM, M.A. Imidazolinones: potent inhibitors of acetohydroxyacid synthase. **Plant Physiology**, v. 76, n. 2, p. 545–546, 1984. <https://doi.org/10.1104/pp.76.2.545>
- SHANER, D.L., REIDER, M.L. Physiological responses of corn (*Zea mays*) to AC 243,997 in combination with valine, leucine, and isoleucine. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 25, n. 2, p. 248–257, 1986. [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(86\)90051-9](https://doi.org/10.1016/0048-3575(86)90051-9)
- SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: Classificação e Mecanismos de Ação. In: SILVA, A. S.; SILVA, A. A. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007.
- SILVA, C.M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MIRANDA, G.V. Imazapyr root exudation from eucalypt seedlings cultivated in nutritive solution. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 915–920, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000600010>
- SILVA, C.M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MIRANDA, G.V. Root exudation of imazapyr by eucalypt, cultivated in soil. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 109-116, 2004.
- SOUZA, F.C.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; FARIA, R.S.; CALIMAN, J.P.; BARBOSA, R.A.; OLIVEIRA, C.H.R. Growth of intact plants and coppice in short rotation eucalypt plantations. **New Forests**, v. 47, n. 2, p. 195–208, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9509-1>
- SOUZA, G. V. R.; FERREIRA, L. R.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, C. M. M.; TUFFI SANTOS, L. D.; VIANA, R. G. Exsudato radicular de imazapyr aplicado sobre mudas de diferentes clones de eucalipto. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 141-147, 2006.

- STEINRÜCKEN, H.C., AMRHEIN, N. The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvylshikimic acid-3-phosphate synthase. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 94, n. 4, p. 1207–1212, 1980. [https://doi.org/10.1016/0006-291X\(80\)90547-1](https://doi.org/10.1016/0006-291X(80)90547-1)
- TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; DUARTE, W. M.; TIBURCIO, R. A. S.; SANTOS, M. V. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 359-364, 2006.
- TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; MEIRA, R. M. S. A.; BARROS, N. F.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000100016>.
- TUFFI SANTOS, L. D.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; MEIRA, R. M. S. A.; FERREIRA, F. A.; TIBURCIO, R. A. S. T.; SILVA, E. C. F. Micromorfologia foliar na análise da fitotoxidez por glyphosate em *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 711-720, 2009.
- TUFFI SANTOS, L., MEIRA, R., FERREIRA, F., SANTANNA SANTOS, B., FERREIRA, L. Morphological responses of different eucalypt clones submitted to glyphosate drift. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 1, p. 11–20, 2007b. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.09.010>
- 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**, v. 25, n. 1, p. 133–137, 2007a. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000100014>
- 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**, v. 26, p. 9–16, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100002>
- WALTERS, J.R., BELL, T.L., READ, S. Intra-specific variation in carbohydrate reserves and sprouting ability in *Eucalyptus obliqua* seedlings. **Australian Journal of Botany**, v. 53, n. 3, p. 195-203, 2005. <https://doi.org/10.1071/BT04016>

#### **4.2 ARTIGO 2 – Aplicação dirigida de glyphosate e imazapyr em pré-corte no controle de brotações de eucalipto**



## APLICAÇÃO DIRIGIDA DE GLYPHOSATE E IMAZAPYR EM PRÉ-CORTE NO CONTROLE DE BROTAÇÕES DE EUCALIPTO

### RESUMO

A pulverização de herbicidas sobre a rebrota do eucalipto antes da reforma dos plantios é uma prática comum no setor florestal. No entanto, observa-se a necessidade de várias operações em uma mesma área para efetivo controle das brotações. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência dos herbicidas glyphosate e imazapyr, aplicados em pré-corte raso de forma dirigida no fuste para controle de brotações de eucalipto. A área experimental consistiu em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, em sistema de talhadia. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições. Foram implantados 7 tratamentos, com aplicação das doses de 3,0; 4,0; e 5,0 mL por fuste de glyphosate (Gli-Up 360 g i.a L<sup>-1</sup>) e das doses de 0,3; 0,5; e 0,7 mL por fuste de imazapyr (Chopper Florestal<sup>®</sup> 250 g e.a. L<sup>-1</sup>), além de um tratamento testemunha, sem aplicação de herbicidas. A aplicação dirigida dos herbicidas foi realizada em inserções feitas nos fustes das árvores. Aos 30 dias após aplicação dos herbicidas realizou-se o corte das árvores. Aos 150 dias após o corte das árvores foram realizadas avaliações do número de brotações por cepa, número de cepas com presença de brotações, altura e a eficiência de controle das brotações. A aplicação de glyphosate promoveu redução do desenvolvimento e vigor das brotações. Porém, mesmo com esta redução observou-se emissão de brotações em pelo menos 80% das cepas avaliadas. A aplicação da dose de 3 mL de glyphosate por cepa promoveu valores de aproximadamente 80% de eficiência de controle. Apesar disso, observou-se que operações de controle adicionais seriam necessárias. A aplicação de imazapyr foi ineficiente com controle inferior a 25%. Conclui-se que a aplicação em pré-corte de glyphosate reduz o vigor e desenvolvimento de brotações indesejadas de eucalipto. Adicionalmente, a aplicação em pré-corte de imazapyr não é recomendada para controle de brotações de eucalipto.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus*. Erradicação de brotações. Brotações indesejadas. Controle químico.

## PRE-HARVEST APPLICATION OF GLYPHOSATE AND IMAZAPYR TO EUCALYPTUS COPPICE CONTROL

### ABSTRACT

The spraying herbicides on eucalyptus regrowth prior to planting reform is a common practice in forest sector. However, it is observed the need of several operations in the same area for effective sprout control. Therefore, the objective of this work was to evaluate the efficiency of the herbicides glyphosate and imazapyr, applied in a shallow pre-cut in a way directed to the control of shoots of eucalyptus. The experimental area consisted in *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* planting, cultivated in second rotation. The experiment was imposed in a randomized design block with 4 replicates. There were set up 7 treatments, with application of doses of 3.0; 4.0; and 5.0 mL of glyphosate (Gli-Up 360g i.a L<sup>-1</sup>) and doses of 0.3; 0.5; and 0.7 mL of imazapyr (Chopper Florestal® 250g e.a. L<sup>-1</sup>), in addition to a control treatment, which none herbicide was applied. The herbicide spraying consisted of the directed spraying of the herbicides on incisions carried out on the stem of the trees before harvesting. There were carried out assessments about the number of sprouts per stump, number of stump with presence of coppice, height and control efficiency of the coppice 150 days after harvesting. The glyphosate spraying promoted reduction of the coppice development and vigor. However, even with this reduction it was observed presence of coppice in at least 80% of the assessed stumps. The spraying of the dose of 3 mL of glyphosate promoted values next to 80% of control efficiency. Nevertheless, it was observed that new control operations would be necessary. The spraying of imazapyr was inefficient with control efficiency values less than 25%. In conclusion the pre-harvest application of glyphosate presents reduction in the eucalyptus's sprouts development. Additionally, the pre-harvest application of imazapyr is not recommended to eucalyptus coppice control.

**Keywords:** *Eucalyptus*. Sprouts eradication. Unwanted sprouts. Chemistry control.

## INTRODUÇÃO

As florestas plantadas representam aproximadamente 7% da área de florestas em termos mundiais (VILLAR et al., 2011; PAYN et al., 2015), mas ainda assim auxiliam no suprimento da crescente demanda de madeira no mundo e concomitantemente reduzem a pressão sobre florestas nativas (BAUHUS et al., 2010; VIDAL et al., 2015). Entre as diversas espécies florestais plantadas, o eucalipto é considerado a espécie florestal mais plantada no mundo (MYBURG et al., 2014), caracterizado por altas densidades de plantio e baixos períodos de rotação (FERRAZ FILHO et al., 2014).

O Brasil se destaca no cenário mundial por apresentar cultivos com elevada produtividade (PAYN et al., 2015; IBÁ, 2017). No entanto, para obtenção de elevadas produtividades são necessárias práticas silviculturais adequadas, principalmente no estabelecimento dos plantios. Entre estas práticas, destaca-se o manejo de plantas daninhas com objetivo de minimizar seus efeitos competitivos com as mudas implantadas na reforma dos plantios. Porém, além das plantas daninhas, as brotações que emergem das cepas remanescentes após a colheita da madeira de eucalipto também apresentam grande potencial competitivo que levam ao uso excessivo de herbicidas devido à elevada taxa de crescimento inicial destas brotações e sua capacidade de exploração dos recursos de crescimento.

A capacidade de emissão de brotações nas espécies do gênero *Eucalyptus* está associada à presença de gemas adventícias, brotos epicórmicos e lignotubers na casca e na região cambial (CARR et al., 1984; CLARKE et al., 2013; FERRAZ FILHO et al., 2014). A emissão de novas brotações geralmente é induzida após distúrbios como incêndios ou o próprio corte das árvores (BURROWS, 2013; CLARKE et al., 2013). Apesar das vantagens relacionadas à capacidade de rebrota do eucalipto, principalmente em relação à possibilidade de condução de uma segunda rotação pelo sistema de talhadia (FERRAZ FILHO et al., 2014), torna-se necessário o controle das brotações para evitar efeitos competitivos com as mudas implantadas ou com o broto selecionado para condução.

Entre as formas de manejo de brotações destaca-se os métodos de controle manual e químico. De maneira geral, o método de controle químico apresenta baixo custo operacional por área, maior velocidade de operação e maior eficiência de controle (MACHADO et al., 2010). O manejo químico convencional é realizado a partir da pulverização de glyphosate sobre brotações com porte de altura entre 0,90 e 1,20 m. Porém, muitas vezes mesmo com a utilização do manejo químico observam-se baixos níveis de controle de brotações o que leva a realizar novas aplicações em uma mesma área. Em seus estudos, Roberts et al. (2016) observaram que foram necessárias pelo menos quatro aplicações para atingir nível satisfatório de controle de brotações de *E. urophylla* x *E. grandis*, com gasto total de herbicida variando de aproximadamente 13 a 20 L ha<sup>-1</sup>. Em casos como esse, onde o manejo químico apresenta baixa eficiência de controle, o método de controle manual pode ser realizado de forma complementar (MEDAUAR et al., 2018), porém tal método também apresenta reduzidos níveis de controle (LITTLE, 2003; ROBERTS et al., 2016) devido ao elevado vigor das brotações e a má utilização das tecnologias de aplicação.

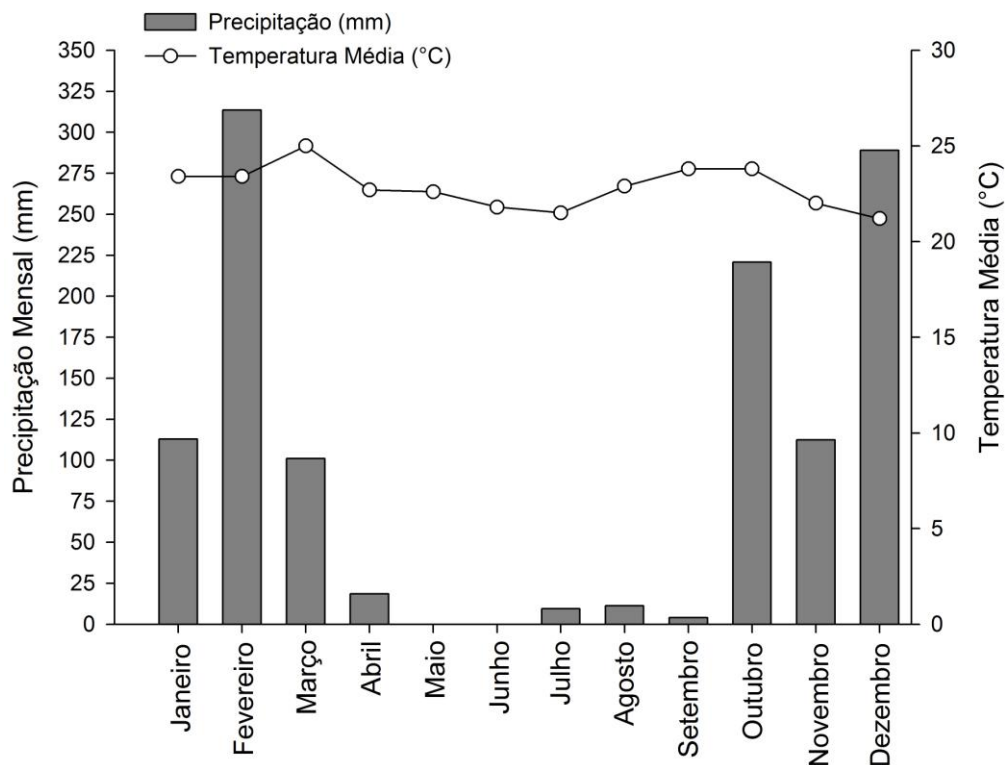
Outra forma de manejo químico de brotações de eucalipto é a aplicação de herbicidas diretamente no fuste antes do corte raso (LITTLE, 2003; SILVA et al., 2004; ROBERTS et al., 2018), entretanto poucos trabalhos relatam a eficiência de controle de brotações de eucalipto com este método de aplicação. Além disso, sabe-se que este método de aplicação é pouco difundido em empresas florestais

situadas no Brasil e que não há relatos na literatura sobre os níveis de eficiência de controle nas condições edafoclimáticas do país.

A aplicação dos herbicidas em pré-corte do fuste do eucalipto pode diminuir o surgimento de brotações ou mesmo reduzir seu crescimento. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência no controle de brotações indesejadas dos herbicidas glyphosate e imazapyr aplicados em pré-corte diretamente no fuste de árvores de eucalipto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Itacambira-MG, na empresa Plantar Siderúrgica S.A. entre os meses de junho a dezembro de 2018. O clima da região é classificado como Cwb, subtropical úmido com inverno seco e verão temperado (ALVARES et al., 2013), com altitude de aproximadamente 1.217 metros. Os dados referentes à precipitação mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) durante o período de implantação, condução e avaliação dos experimentos estão representados na Figura 1.



**Figura 1** – Precipitação média mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) na área experimental, no município de Itacambira-MG, durante o período de junho a dezembro de 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019. Dados – Estação meteorológica Plantar Siderúrgica S.A.

A área experimental correspondeu a um talhão conduzido em sistema de talhadia de um clone *E. grandis* x *E. urophylla* plantado no espaçamento de 3 x 3 m. O plantio inicial foi realizado em 2005 e conduzido até 2012, quando foi realizado o primeiro corte do fuste útil. Em 2012, iniciou-se o manejo da área para condução das brotações pelo sistema de talhadia.

O experimento foi implantado em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Foram implantados sete tratamentos correspondentes a doses de glyphosate e imazapyr aplicados em pré-corte (TABELA 1). Para a aplicação de glyphosate e imazapyr foram utilizados os produtos comerciais Gli-Up<sup>®</sup> (360 g i.a. L<sup>-1</sup>) e Chopper Florestal<sup>®</sup> (250 g e.a. L<sup>-1</sup>), respectivamente. Cada parcela experimental foi representada por 10 árvores de eucalipto.

**Tabela 1** – Descrição dos tratamentos, com aplicação de doses de glyphosate (Gli-Up<sup>®</sup> - 360 g i.a. L<sup>-1</sup>) e imazapyr (Chopper Florestal<sup>®</sup> - 250 g e.a. L<sup>-1</sup>) aplicados em pré-corte sobre inserções realizadas no fuste de árvores eucalipto

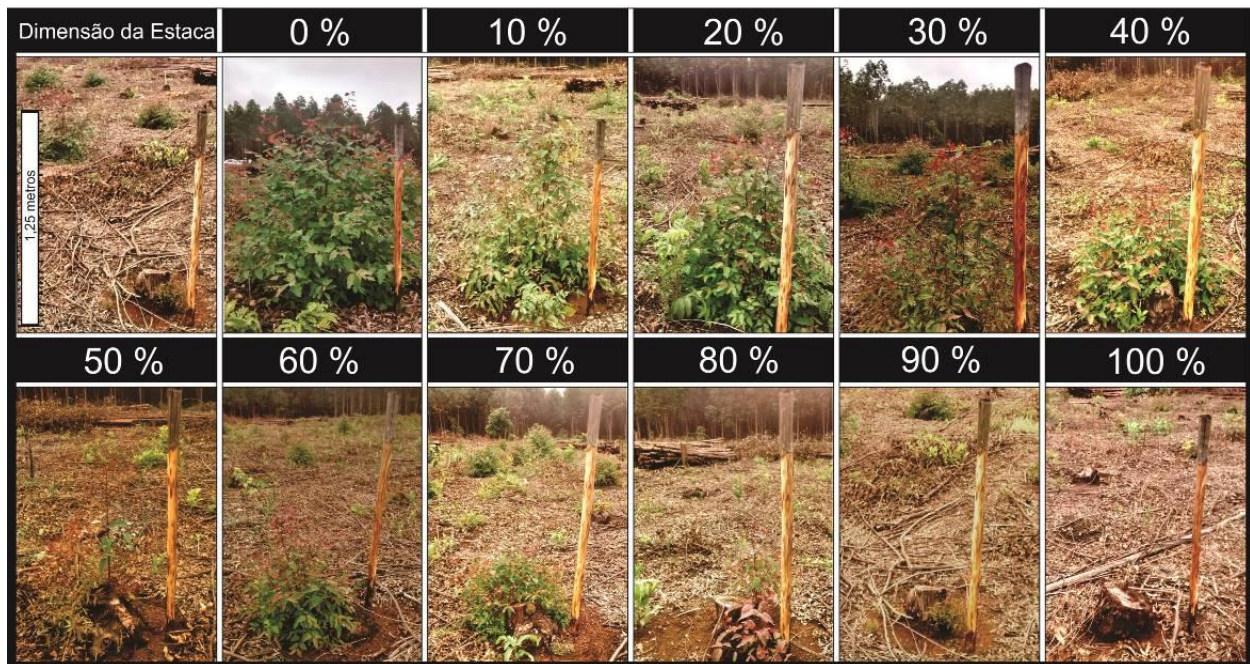
Tratamento	Dose do herbicida (mL/fuste)	Dose do princípio ativo (mL/fuste)	Dose do herbicida (L ha <sup>-1</sup> )*	Dose do princípio ativo (L ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	-	-	-	-
Imazapyr	0,3	0,075	0,333	0,083
Imazapyr	0,5	0,125	0,556	0,139
Imazapyr	0,7	0,175	0,778	0,195
Glyphosate	3,0	1,080	3,333	1,200
Glyphosate	4,0	1,440	4,444	1,600
Glyphosate	5,0	1,800	5,555	2,000

\* Considerando 1111 árvores por hectare (espaçamento de 3 x 3 m).

Fonte: Do autor, 2019.

Os herbicidas, em suas respectivas doses, foram aplicados diretamente no fuste das árvores a partir de uma inserção realizada com “machadinha” a aproximadamente 1,30 m de altura. A aplicação foi realizada com auxílio de seringas dosadoras de fluxo contínuo, que possibilitam dosagens de 0,1 a 5,0 mL. A aplicação dos herbicidas foi realizada em 26 de junho de 2018 e o corte das árvores foi realizado aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas, com auxílio de motosserra. Após o corte, os fustes úteis das árvores foram retirados da área experimental e empilhados na borda do talhão.

Após o corte das árvores realizou-se o acompanhamento da emissão das brotações nas cepas dos tratamentos controle e nas cepas adjacentes à área experimental para determinar o início do período das avaliações. Padronizaram-se as avaliações aos 150 dias após corte das árvores. Desta forma, foram realizadas mensurações de altura, do número de brotações emergidas por cepa e da porcentagem de cepas com presença de brotações nas 10 cepas de cada parcela experimental. Adicionalmente, para avaliar a eficiência de controle das brotações indesejadas foi elaborada uma escala de eficiência de controle (FIGURA 2). A escala foi elaborada considerando-se o porte, vigor e capacidade de desenvolvimento das brotações. A avaliação de eficiência de controle consistiu da atribuição de notas de 0 a 100%, onde 0 correspondeu a ausência de controle e 100% correspondeu ao controle total das brotações.



**Figura 2** – Escala de eficiência de controle de brotações de um clone *E. grandis* x *E. urophylla* aos 150 dias após aplicação em pré-corte de doses de glyphosate e imazapyr.

Fonte: Do autor, 2019.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos pelo teste Shapiro-Wilk e à análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Para comparação das médias entre os tratamentos utilizou-se o teste *Tukey* ( $p \leq 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas com auxílio do *software RStudio*®.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de controle pré-corte, a partir da aplicação dos herbicidas glyphosate e imazapyr sobre o fuste de árvores de *E. grandis* x *E. urophylla* apresentou níveis de controles insatisfatórios, nas condições experimentais do presente estudo. A aplicação de doses de herbicida propiciou efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) em todas as características avaliadas. No entanto, após a aplicação de doses de imazapyr verificou-se o surgimento médio de três ou mais brotações por cepa e a emissão de brotações em pelo menos 97,5% das cepas, médias semelhantes ( $p \leq 0,05$ ) às encontradas no tratamento testemunha (TABELA 2). A aplicação das doses de 3,0 e 4,0 mL de glyphosate promoveu redução dos valores médios do número de brotações emitidos por cepa quando comparado às cepas provenientes de árvores que não foram submetidas à aplicação de herbicida. Porém, observou-se que apenas com a aplicação da dose de 3 mL por árvore de glyphosate houve redução significativa dos valores médios de presença de brotações, apesar de ainda assim ter sido observado a emissão de brotações em aproximadamente 80% das cepas (TABELA 2).

**Tabela 2** – Percentual médio de cepas com emissão de brotações (%) e número de brotações por cepa em função de doses de glyphosate (Gli-Up® 360 g i.a. L<sup>-1</sup>) e imazapyr (Chopper Florestal 250 g i.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas de forma dirigida em pré-corte sobre o fuste de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*

Tratamento	Dose (mL herbicida/fuste)	Presença de brotações (%)	Número de brotações/cepa
Testemunha	-	100 a	4,06 a
Imazapyr	0,3	100 a	4,11 a
Imazapyr	0,5	100 a	3,49 ab
Imazapyr	0,7	97,5 a	3,65 ab
Glyphosate	3,0	79,2 b	1,95 c
Glyphosate	4,0	91,4 ab	2,43 bc
Glyphosate	5,0	90,0 ab	2,83 abc
<b>CV (%)</b>		<b>8,08</b>	<b>17,17</b>

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem significativamente entre si (Tukey  $p \leq 0,05$ ).  
Fonte: Do autor, 2019.

As cepas provenientes de árvores que não foram submetidas à aplicação de herbicidas apresentaram 100% de emissão de brotações, com médias de altura e número de brotações por cepa de 1,23 m e 4,06, respectivamente (TABELAS 2 e 3). Tais valores justificam a necessidade de controle das brotações antes do período de reforma, devido à elevada capacidade de emissão e vigor destas brotações.

A aplicação de doses de imazapyr propiciou a obtenção de eficiência de controle inferior a 25% (TABELA 3), que demonstra o reduzido potencial da utilização do imazapyr em pré-corte para controle de brotações. O herbicida glyphosate foi mais eficiente que o imazapyr no controle de brotações, com redução da média de altura das brotações e aumento dos índices de controle. A aplicação de 3 mL de glyphosate promoveu aos 150 dias após corte das árvores altura média das brotações igual a 0,23 m e eficiência de controle de 81% (TABELA 3).

**Tabela 3** – Eficiência de controle (%) e altura média (m) de brotações em função de doses de glyphosate (Gli-Up® 360 g i.a. L<sup>-1</sup>) e imazapyr (Chopper Florestal 250 g i.a. L<sup>-1</sup>) aplicadas de forma dirigida em pré-corte sobre o fuste de um clone *E. grandis* x *E. urophylla*

Tratamento	Dose (mL herbicida/fuste)	Eficiência de controle (%)	Altura (m)
Testemunha	-	0 c	1,23 a
Imazapyr	0,3	1,75 c	1,22 a
Imazapyr	0,5	12,69 c	1,05 ab
Imazapyr	0,7	21,67 c	0,84 b
Glyphosate	3,0	80,81 a	0,23 c
Glyphosate	4,0	61,61 ab	0,47 c
Glyphosate	5,0	53,31 b	0,51 c
<b>CV (%)</b>		<b>29,31</b>	<b>17,34</b>

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem significativamente entre si (Tukey  $p \leq 0,05$ ).  
Fonte: Do autor, 2019.

Variações nos índices de controle de brotações a partir de aplicações de herbicida com o método de controle pré-corte são conhecidas. Little (2003) em estudo para comparar diferentes métodos de controle de brotações de *E. grandis* observaram que o método de controle pré-corte apresentou melhores resultados, onde praticamente não foi observado a necessidade de novas aplicações de controle. Adicionalmente, Roberts et al. (2018) observaram que a aplicação de triclopyr de forma dirigida no fuste um dia antes do corte de árvores de *E. macarthurii* promoveu controle de 87% das cepas aos, aproximadamente, 98 dias após aplicação. Porém, estes mesmos autores observaram que foram necessárias operações adicionais para realizar o controle total das brotações.

Tais diferenças em relação ao controle podem ser relacionadas às variações entre espécies, condições edafoclimáticas ou períodos de aplicação. Os herbicidas quando aplicados necessitam de eficiente absorção e translocação para promoverem controle das brotações. Em pulverizações convencionais os herbicidas são aplicados sobre a biomassa aérea das brotações, absorvidos pelas folhas e translocados para diferentes partes da planta. Entretanto, no método de aplicação pré-corte a aplicação é realizada de forma dirigida no fuste das árvores antes do corte raso. Assim, os herbicidas aplicados com o método pré-corte atingem diretamente os vasos do xilema e floema, onde são translocados para os pontos de crescimento das plantas. Neste caso, variações ambientais que alterem a capacidade de translocação da seiva e atividade fisiológica das plantas podem afetar a translocação dos herbicidas e, conseqüentemente, a eficiência do controle das brotações.

As espécies do gênero *Eucalyptus* podem apresentar respostas distintas relacionadas à capacidade de adaptação a condições ambientais, como por exemplo, de estresse hídrico (BEDON et al., 2011; CORREIA et al., 2014; BOURNE et al., 2015; HODECKER et al., 2018). Em períodos ou ambientes em que há limitação hídrica as plantas apresentam redução do desenvolvimento foliar e promovem o fechamento estomático que leva à redução nas trocas gasosas e, conseqüentemente, na atividade fotossintética (SHAO et al., 2008; BOURNE et al., 2015; GONÇALVES et al., 2017; TAIZ et al., 2017). Nestes casos, a limitação de trocas gasosas ocasionada pelo fechamento estomático pode influenciar direta e indiretamente a translocação de solutos nas plantas (TAIZ et al., 2017), assim como a translocação de herbicidas, já que tanto o glyphosate quanto o imazapyr apresentam translocação preferencial pelo floema (OLIVEIRA Jr, 2011; SILVA et al., 2007). Dye et al. (2016) observaram redução no fluxo de seiva de duas espécies de eucalipto no período de inverno, coincidente com períodos de baixa precipitação pluviométrica. Porém, os mesmos autores observaram que houve aumento das taxas de fluxo de seiva a partir do início do período chuvoso. Neste trabalho, a aplicação dos herbicidas foi realizada no período de inverno, período em que houve redução nos índices de precipitação (FIGURA 1). Assim, os valores de eficiência de controle obtidos podem ter sido influenciados negativamente por variações na translocação dos herbicidas, devido ao período de baixos índices pluviométricos.

A decisão final para escolha de determinado método de controle de brotações deve-se basear nos custos operacionais concomitante com a escolha de um método em que o controle atinja níveis satisfatórios com apenas uma aplicação sem riscos às mudas implantadas posteriormente (LITTLE, 2003; 2006; 2007). Apesar de ter sido observado redução do vigor das brotações a partir da aplicação de glyphosate, ressalta-se que com os valores obtidos tanto de presença de brotações quanto de eficiência de controle certamente seriam necessárias intervenções de controle adicionais para atingir níveis satisfatórios de controle.



Embora o método de controle pré-corte apresente demanda de novas intervenções de controle, este método pode vir a favorecer a redução do número de operações necessárias após o corte das árvores para controle de brotações. Roberts et al. (2018) observaram que foram necessárias uma operação de pulverização, além de quatro operações manuais para controle de brotações de *E. macarthurii*. Adicionalmente, Roberts et al. (2016) em estudo para avaliar o controle de brotações de *E. grandis* x *E. urophylla* com porte de altura de 0,5; 1,0 ou 1,50 m a partir da aplicação de diferentes concentrações de glyphosate observaram que foram necessárias pelo menos quatro intervenções de controle, independente do porte das brotações ou concentração de glyphosate. Desta forma, como o método de controle pré-corte a partir da aplicação de glyphosate apresentou redução no vigor das brotações este método pode vir a ser utilizado de forma complementar, com o objetivo de reduzir o número de pulverizações realizadas com o método de controle convencional.

A busca por práticas que aperfeiçoem as atividades de aplicação de herbicida são demandas do setor florestal (TUFFI SANTOS et al., 2008). Durante operações convencionais de pulverização há possibilidade de ocorrência de deriva da calda herbicida que pode atingir e afetar o desenvolvimento de plantas não-alvo. Neste caso, o contato direto do glyphosate em plantas de eucalipto pode promover sintomas de intoxicação e alteração no crescimento das plantas (SANTOS JÚNIOR et al., 2015; SALGADO et al., 2017; SANTOS et al., 2019). Visto que a aplicação de herbicidas com o método de aplicação pré-corte é realizada de forma dirigida sobre o fuste das árvores de eucalipto antes do corte raso, a ocorrência de deriva e o contato direto do herbicida com organismos não-alvo, solo ou corpos hídricos é praticamente nula. Com isso, ainda que os índices de controle não tenham sido altamente eficientes neste trabalho, buscas por melhorias relacionadas à eficiência de controle a partir do método de aplicação pré-corte devem ser mantidas, pois este método pode auxiliar o desenvolvimento das atividades silviculturais, com mitigação de problemas que comprometem questões operacionais e ambientais.

## **CONCLUSÕES**

A aplicação pré-corte de glyphosate promove redução no desenvolvimento das brotações indesejadas de eucalipto, porém com níveis medianos de controle.

Apesar da redução do desenvolvimento das brotações, a aplicação de glyphosate demanda operações adicionais de manejo para atingir níveis satisfatórios de controle.

A aplicação pré-corte de imazapyr é ineficiente no controle de brotações de eucalipto.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BAUHUS, J.; VAN der MEER, P.J.; KANNINEN, M. **Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests**. Earthscan, 2010.
- BEDON, F.; MAJADA, J.; FEITO, I.; CHAUMEIL, P.; DUPUY, J.-W.; LOMENECH, A.M.; BARRE, A.; GION, J.M.; PLOMION, C. Interaction between environmental factors affects the accumulation of root proteins in hydroponically grown *Eucalyptus globulus* (Labill.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, p. 69–76, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.09.020>
- BOURNE, A.E.; HAIGH, A.M.; ELLSWORTH, D.S. Stomatal sensitivity to vapour pressure deficit relates to climate of origin in *Eucalyptus* species. **Tree Physiology**, v. 35, p. 266–278, 2015. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpv014>
- BURROWS, G.E. Buds, bushfires and resprouting in the eucalypts. **Australian Journal of Botany**, v. 61, n. 5, p. 331-349, 2013. <https://doi.org/10.1071/BT13072>
- CARR, D., JAHNKE, R., CARR, S. Initiation, development and anatomy of lignotubers in some species of eucalyptus. **Australian Journal of Botany**, v. 32, n. 4, p. 415-437, 1984. <https://doi.org/10.1071/BT9840415>
- CLARKE, P.J.; LAWES, M.J.; MIDGLEY, J.J.; LAMONT, B.B.; OJEDA, F.; BURROWS, G.E.; ENRIGHT, N.J.; KNOX, K.J.E. Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. **New Phytologist**, v. 197, n. 1, p. 19–35, 2013. <https://doi.org/10.1111/nph.12001>
- CORREIA, B.; PINTÓ-MARIJUAN, M.; NEVES, L.; BROSSA, R.; DIAS, M.C.; COSTA, A.; CASTRO, B.B.; ARAÚJO, C.; SANTOS, C.; CHAVES, M.M.; PINTO, G. Water stress and recovery in the performance of two *Eucalyptus globulus* clones: physiological and biochemical profiles. **Physiologia Plantarum**, v. 150, p. 580–592, 2014. <https://doi.org/10.1111/ppl.12110>
- DYE, P.; CLULOW, A.; PRINSLOO, E.; NAIKEN, V.; WEIERSBYE, I. The annual pattern of sap flow in two *Eucalyptus* species established in the vicinity of gold-mine tailings dams in central South Africa. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 78, n. 4, p. 307-313, 2016.
- FERRAZ FILHO, A.C.; SCOLFORO, J.R.S.; MOLA-YUDEGO, B. The coppice-with-standards silvicultural system as applied to *Eucalyptus* plantations — a review. **Journal of Forestry Research**, v. 25, n. 2, p. 237–248, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0455-0>
- GONÇALVES, J. D. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 70, n. 2, p. 105-118, 2008.
- GONÇALVES, J.D.M.; ALVARES, C.A.; BEHLING, M.; ALVES, J. M.; PIZZI, G.T.; ANGELI, A. Produtividade de plantações de eucalipto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, p. 411-419, 2014.
- GONÇALVES, J.L. DE M.; ALVARES, C.A.; HIGA, A.R.; SILVA, L.D.; ALFENAS, A.C.; STAHL, J.; FERRAZ, S.F. DE B.; LIMA, W. DE 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**, v. 301, n. 1, p. 6–27, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>
- GONÇALVES, J.L.; ALVARES, C.A.; ROCHA, J.H.; BRANDANI, C.B.; HAKAMADA, R. Eucalypt plantation management in regions with water stress. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 79, n. 3, p. 169–183, 2017. <https://doi.org/10.2989/20702620.2016.1255415>
- HODECKER, B.E.R.; PITA-BARBOSA, A.; BARROS, N.F.; MERCHANT, A. Water availability preceding long-term drought defines the tolerance of *Eucalyptus* to water restriction. **New Forests**, v. 49, p. 173–195, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9612-6>

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBA. Anuário Estatístico 2017 base 2016. Disponível em: <<http://www.iba.org/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

LITTLE, K. M. Final results from a *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* coppice trial. **Scientia Forestalis**, v. 35, n. 76, p. 85-90, 2007.

LITTLE, K.M. Killing *Eucalyptus grandis* cut stumps after multiple coppice rotations in the KwaZulu-Natal midlands, South Africa. **The Southern African Forestry Journal**, v. 199, n. 1, p. 7–13, 2003. <https://doi.org/10.1080/20702620.2003.10431745>

LITTLE, K.M.; BERG, G.J.V.D. First rotation *Eucalyptus macarthurii* cut stump control in KwaZulu-Natal, South Africa. **The Southern African Forestry Journal**, n. 207, 15–20, 2006. <https://doi.org/10.2989/10295920609505248>

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; MACHADO, M. S.; FREITAS, F. C. L. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 319-327, 2010.

MEDAUAR, C.C.; SILVA, S.A., CARVALHO, L.C.C.; TIBÚRCIO, R.A.S.; LIMA, J.S.S. Espectro de gotas e distribuição de calda herbicida associada a fertilizante foliar em áreas de reforma florestal. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 119, p. 333-345, 2018.

MYBURG, A.A.; GRATTAPAGLIA, D.; TUSKAN, G.A.; HELLSTEN, U.; HAYES, R.D.; GRIMWOOD, J. et al. The genome of *Eucalyptus grandis*. **Nature**, v. 510, p. 356–362, 2014. <https://doi.org/10.1038/nature13308>

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

PAYN, T.; CARNUS, J.M.; FREER-SMITH, P.; KIMBERLEY, M.; KOLLERT, W.; LIU, S.; ORAZIO, C.; RODRIGUEZ, L.; SILVA, L.N.; WINGFIELD, M.J. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 57–67, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.021>

ROBERTS, J.C.; LITTLE, K.M.; LIGHT, M.E. A comparison of the cost-effectiveness of different eucalypt cut-stump control management options to reduce competition from coppice regrowth during stand establishment in Mpumalanga, South Africa. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 80, n. 3, p. 261–268, 2018. <https://doi.org/10.2989/20702620.2017.1354283>

ROBERTS, J.C.; LITTLE, K.M.; LIGHT, M.E. The use of glyphosate for the management of secondary coppice regrowth in a *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* coppice stand in Zululand, South Africa. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 78, n. 3, p. 217-223, 2016. <https://doi.org/10.2989/20702620.2016.1183094>

SALGADO, T.; PEREIRA, F.C.M.; KUVA, M.A.; ALVES, P.L.C.A. Effects of glyphosate on growth, yield and wood of *Eucalyptus grandis*. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 29, n. 3, p. 257–266, 2017. <https://doi.org/10.26525/jtfs2017.29.3.257266>

SANTOS JUNIOR, A., TUFFI SANTOS, L.D., FERREIRA, F.A., FERREIRA, L.R., FELIX, R.C., AMARAL, G.C., CRUZ, L.R. Glyphosate drift in eucalyptus plants. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 615–621, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000300024>

SANTOS, S.A. DOS, TUFFI-SANTOS, L.D., TANAKA, F.A.O., SANT'ANNA-SANTOS, B.F., RODRIGUES, F. DE Á., ALFENAS, A.C. Carfentrazone-ethyl and glyphosate drift inhibits uredinial formation of *Austropuccinia psidii* on *Eucalyptus grandis* leaves. **Pest Management Science**, v. 75, n. 1, p. 53–62, 2019. <https://doi.org/10.1002/ps.5163>

SHAO, H. B.; CHU, L. Y.; JALEEL, C.A.; ZHAO, C.X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p. 215–225, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.crvb.2008.01.002>

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: Classificação e Mecanismos de Ação. In: SILVA, A. S.; SILVA, A. A. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007.

SILVA, C.M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MIRANDA, G.V. Root exudation of imazapyr by eucalypt, cultivated in soil. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 109-116, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

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**, v. 26, p. 9–16, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100002>

VIDAL, J.M.; EVANGELISTA, W.V.; SILVA, J.D.C.; JANKOWSKY, I.P. Preservação de madeiras no brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 257-271, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509817484>

VILLAR, E.; KLOPP, C.; NOIROT, C.; NOVAES, E.; KIRST, M.; PLOMION, C.; GION, J.M. RNA-Seq reveals genotype-specific molecular responses to water deficit in eucalyptus. **BMC Genomics**, v. 12, n. 538, p. 1-18, 2011. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-12-538>

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho demonstrou que os métodos de aplicação dirigida de herbicidas em pré-corte ou pós-corte das árvores apresentam potencial uso para controle de brotações de eucalipto. Em ambos trabalhos desenvolvidos foi possível observar que as doses testadas do herbicida glyphosate apresentaram maior potencial para controle das brotações em comparação ao uso do imazapyr.

O método de aplicação pós-corte apresentou controle de brotações de forma mais efetiva. Além da efetividade, foi possível inferir que a adoção deste método de controle pode apresentar vantagens adicionais como a redução da quantidade de água e herbicida necessária para as operações de controle, redução dos riscos de contato do herbicida com organismos não-alvo, redução do contato do herbicida com o solo e redução do risco de ocorrência de deriva. Ou seja, além do maior controle tal método reduz os possíveis impactos ambientais da atividade, sem afetar a efetividade da operação, tornando-a mais sustentável.

Além da utilização destes métodos para controle de brotações em áreas de reflorestamento, ambos também apresentam potencial uso para controle de espécies arbóreas em áreas de reserva legal ou de preservação permanente, assim como para controle de espécies arbóreas em locais onde há presença de linhas de transmissão de energia. Porém, apesar de termos demonstrado o potencial uso destes métodos de aplicação, novos estudos são necessários para viabilizar a adoção destes métodos em escala operacional em áreas de reflorestamento.