

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITOS FISIOLÓGICOS E METABÓLICOS DE SUBDOSES DE  
GLYPHOSATE E DA ADUBAÇÃO FOSFATADA EM EUCALIPTO**

Graduando: **Artur Rodrigues Oliveira**  
Orientador: **Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho**  
Coorientadora: **Dra. Yanna Karoline Santos da Costa**

JABOTICABAL – SP  
2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITOS FISIOLÓGICOS E METABÓLICOS DE SUBDOSES DE GLYPHOSATE  
E DA ADUBAÇÃO FOSFATADA EM EUCALIPTO**

**ARTUR RODRIGUES OLIVEIRA**

Orientador: Leonardo Bianco de Carvalho

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de  
Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA  
AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP  
1º Semestre / 2021

O48e

Oliveira, Artur Rodrigues

Efeitos fisiológicos e metabólicos de subdoses de glyphosate e da adubação fosfatada em eucalipto. / Artur Rodrigues Oliveira. -- Jaboticabal, 2021

42 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Leonardo Bianco de Carvalho

Coorientador: Yanna Karoline Santos da Costa

1. Eucalipto. 2. Fósforo. 3. Glyphosate. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**unesp**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**



**DEPARTAMENTO: Ciências da Produção Agrícola**

**CERTIFICADO**  
**TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**TÍTULO : EFEITOS FISIOLÓGICOS E METABÓLICOS DE SUBDOSES DE GLYPHOSATE E DA ADUBAÇÃO FOSFATADA EM EUCALIPTO**

**ACADÊMICO: ARTUR RODRIGUES OLIVEIRA**

**CURSO: ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**ORIENTADORES: PROF. DR. LEONARDO BIANCO DE CARVALHO  
DRA. YANNA KAROLINE SANTOS DA COSTA**

**PERÍODO: 12/18 À 07/21**

**Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO.  Sim  Não**

**BANCA EXAMINADORA:**

(Nomes)

(Assinaturas)

**Presidente Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho**

**Membro Prof. Dr. Thiago C. G. R. de Andrade**

**Membro MSc. Nagilla Moraes Ribeiro**

Jaboticabal 20 / 07 / 2021

**Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 26 / 07 / 2021**

  
\_\_\_\_\_  
**Chefe do Departamento**

## BIOGRAFIA

**Artur Rodrigues Oliveira** - natural de Sertãozinho, interior de São Paulo. Minha trajetória profissional começou em 2012 como jovem aprendiz na DMB – Máquinas Agrícolas, em um projeto desenvolvido juntamente com a escola SENAI – Etorre Zanini, em Sertãozinho-SP.

Em 2015 ingressei na graduação pela UNESP/FCAV – Campus de Jaboticabal e tive a oportunidade de transitar dentro de algumas áreas do agronegócio.

Atuei em grupos de pesquisa como o Laboratório de Matologia - LABMATO e o Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola – LAMMA. Participei, entre 2017 e 2019, da Consultoria Agropecuária Junior – CAP e de organizações de eventos oficiais da FCAV como a Semana da Ciência da Tecnologia Agropecuária - SECITAP e o Simpósio de Herbicidas e Tecnologias Associadas – SIMPOHERBI. Entre 2018 e 2019 desenvolvi um projeto científico, juntamente com o LABMATO, através do Programa Institucionais de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnologia da Unesp (PIBIC – sem bolsa) e apresentei meu trabalho em formato de poster em dois eventos científicos. Em janeiro de 2020 realizei um estágio extracurricular na EMBRAPA SOJA, em Londrina/PR e de março a novembro de 2020 realizei um intercâmbio Agrícola, atuando como trainee de Horticultura na School House Farm, em Warren, ME nos Estados Unidos da América.

Atualmente estou no meu penúltimo semestre da graduação e paralelo aos estudos, atuo com mais dois amigos, já formados, em uma consultoria ambiental e agrícola em Sertãozinho-SP.

Durante o primeiro semestre de 2021, participei dos processos seletivos de algumas empresas para realização do estágio curricular e felizmente, tive algumas aprovações. Em uma Usina de Açúcar e Álcool, no estado de São Paulo e as demais em empresas multinacionais. Já fiz a minha escolha e meu próximo destino é Passo Fundo – RS, onde irei atuar na área comercial de uma empresa comercializadora de defensivos agrícolas.

## AGRADECIMENTOS

Mais um passo na minha trajetória acadêmica está sendo concluído, e sou imensamente grato a todas as pessoas que estiveram ao meu lado e contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Agradeço à Deus por me guiar e abençoar em todos os caminhos que percorri até o momento.

Agradeço ao Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho, pela orientação, paciência e contribuição neste trabalho e no período que participei das atividades do Laboratório de Matologia.

Á Dr. Yanna Karoline Santos da Costa, pelos ensinamentos e troca de informações durante o período que estive presente no Laboratório de Matologia, e acima de tudo, a sua imensa contribuição e orientação para execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Silvano de Bianco, pelas contribuições para este trabalho.

Aos integrantes do LabMato – Laboratório de Matologia da Unesp Jaboticabal, especialmente a Nagilla Morais Ribeiro, Wilson Roberto Cerveira Junior e Karina Petri, que me deram todo o suporte necessário para execução deste trabalho.

Á minha família Leonídio de Oliveira Junior, Ana Paula Rodrigues de Oliveira e Eduarda Rodrigues Oliveira, que são os maiores incentivadores e apoiadores dos meus sonhos.

Aos meus amigos Artur Vinicius Barcelos, Augusto Cesar Crosara Oliveira, Bruno Pagan Zamoner, Pedro Olandin Ribeiro, Leonardo Bombonato Furtado Pereira, Pedro Tasende que tem feito diferença em minha vida.

Aos meus amigos da República Karcoarco que me acolheram e deram total suporte em todo período da minha graduação.

Os objetivos até aqui conquistados tiveram a contribuição de cada um de vocês.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	10
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	10
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	36
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	37

## RESUMO

As plantas jovens de eucalipto são sensíveis a interferência de plantas daninhas. O glyphosate é uma das principais ferramentas utilizadas no manejo de plantas daninhas. Este herbicida, é absorvido por meio de carreadores de fosfato e, por consequência, compete com íons fosfato no momento da absorção ativa. Logo, a adubação fosfatada pode influenciar as respostas das plantas ao glyphosate. Neste trabalho, o efeito da adubação fosfatada e da aplicação de subdoses de glyphosate sobre plantas jovens de eucalipto, foram avaliados. Para isso, foi adotado o esquema fatorial 2x2, sendo: dois tipos de adubação (adubação de plantio: 1,5 g da formulação 20-0-20 e 0,7 g de superfosfato triplo; e adubação de plantio enriquecida com fósforo: 1,5 g da formulação 20-0-20 e 5,0 g de superfosfato triplo); e duas doses de glyphosate (0 – controle e 72 g e.a. ha<sup>-1</sup>). A adubação foi realizada junto ao transplante das mudas e a aplicação do glyphosate aos 30 dias após o transplante das mudas. Altura de plantas, diâmetro do caule, matéria seca da parte aérea, teor de fósforo nas folhas, foram determinados aos 0, 2, 4, 7 e 192 (exceto teor de fósforo) dias após a aplicação (DAA). Também, aos 0, 2, 4 e 7DAA foram realizadas quantificações dos compostos: glyphosate, ácido amimetilfônico (AMPA), ácido chiquímico, fenilalanina, tirosina e triptofano. Não houve interação entre adubação fosfatada e aplicação de glyphosate. A aplicação do herbicida não influenciou no crescimento da planta, diâmetro do caule e acúmulo de matéria seca da parte aérea do eucalipto. A aplicação adicional de superfosfato triplo influenciou o teor de fósforo nas folhas aos 4 e 7 DAA, sendo observado maior teor de fósforo nas folhas nas plantas de eucalipto submetidas a adubação complementar de fósforo. Portanto, não houve efeito interativo entre adubação fosfatada e aplicação de glyphosate sobre o crescimento e o teor de fósforo em plantas de eucalipto. Plantas submetidas a dose de glyphosate apresentaram maior concentração de ácido chiquímico aos 4 e 7 DAA, independentemente do tipo de adubação. Em todos os cenários analisados não ocorreu detecção de AMPA; nas condições de adubação e aplicação de glyphosate não ocorreu influencia nas concentrações de fenilalanina, tirosina e triptofano nas folhas de eucalipto, exceto aos 2 DAA que ocorreu influência do glyphosate sobre a concentração destes aminoácidos nas plantas.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus urograndis*, controle químico, matologia, fósforo.

## ABSTRACT

Eucalyptus is the main forest crop grown in Brazil. Chemical control, using glyphosate herbicide, is one of the main ways used in the management of weeds. Glyphosate is absorbed through phosphate carriers and, therefore, competes with phosphate ions at the time of active absorption. The objective was to evaluate the effect of phosphate fertilization and glyphosate application on young eucalyptus plants. The experiment was carried out in a completely randomized design, with five replications. The 2x2 factorial scheme was adopted, being: two types of fertilization (planting fertilization with 1.5 g of formulation 20-0-20 plus 0.7 g of triple superphosphate) and planting fertilization enriched with phosphorus (1.5 g formulation 20-0-20 plus 5.0 g triple superphosphate); and two doses of glyphosate (0 and 72 g a.a. ha<sup>-1</sup>). Fertilization was carried out with the transplant of the seedlings. The herbicide was applied 30 days after transplanting the seedlings, with a CO<sub>2</sub> sprayer pressurized with CO<sub>2</sub>, with a pressure of 200 Kpa, equipped with a spray bar with four nozzles with tips like TeeJet 110.02 and calibrated for a 200 L há<sup>-1</sup> spray volume. Plant height, stem diameter, dry matter and leaf phosphorus content, were determined at 0, 2, 4, 7 and 192 (except phosphorus content) days after application (DAA). There was no interaction between phosphate fertilization and glyphosate application. The application of the herbicide did not influence plant growth, stem diameter and dry matter accumulation in the aerial part of the eucalyptus. The application of triple superphosphate influenced the phosphorus content in the leaves at 4 and 7 DAA, with a higher phosphorus content in the leaves in eucalyptus plants submitted to complementary phosphorus fertilization. Therefore, there was no interactive effect between phosphate fertilization and application of glyphosate (simulating drift) on growth and phosphorus content in eucalyptus plants. Plants subjected to glyphosate application showed a higher concentration of shikimic acid at 4 and 7 DAA, regardless of the type of fertilization. In all analyzed cases, AMPA was not detected; in the conditions of fertilization and application of glyphosate there was no influence on the concentrations of phenylalanine, tyrosine and tryptophan in the leaves of eucalyptus, except at 2 DAA where there was an influence of glyphosate on the concentration of these amino acids.

**Keywords:** Eucalyptus, chemical control, plant health, phosphorus.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem destaque no plantio de florestas de pinus e eucalipto. Em 2019, o Brasil tinha aproximadamente 10 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo aproximadamente 76% (7,6 milhões de hectares) de eucalipto e 24% de pinus e outras espécies (IBGE,2019). No Brasil, estas áreas de plantio, estão localizadas principalmente, nos Estados de Minas Gerais (24%) São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (16%) (IBÁ,2019). Por ser um País tropical, a adaptação de plantas originárias de várias partes do mundo, torna-se mais fácil como foi o caso do eucalipto. Nas últimas duas décadas, o eucalipto tem contribuído muito para o destaque crescente do setor florestal, tanto para o mercado nacional quanto para o internacional de produtos florestais (lenha, moirões, carvão vegetal, celulosa, papel, etc.). No entanto, o excelente desempenho do cultivo de eucalipto no Brasil, decorre principalmente das condições edafoclimáticas favoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento, da qualidade do material genético utilizado e do manejo apropriado (PINTO JUNIOR; SILVA; AHRENS, 2014).

O eucalipto tem desenvolvimento inicial lento e as plantas jovens não toleram a interferência de plantas daninhas. Especialmente durante seus períodos iniciais de crescimento e desenvolvimento, desde o plantio até cerca de um ano; por competirem com a cultura por luz, água e nutrientes (CRUZ et al., 2010; CARBONARI, 2017; CERVEIRA JR et al., 2020). Ademais, o controle de plantas daninhas na cultura do eucalipto é umas das atividades mais caras do manejo. Quando não realizado de forma eficiente, pode acarretar em perdas

da produtividade e depreciação econômica do produto final (CARBONARI, 2017). Normalmente, nas entrelinhas do eucalipto é realizado o controle mecânico de plantas daninhas, através de roçadas. Na linha de plantio, é comum adotar o controle químico, com uso do herbicida glyphosate, que é um dos únicos ingredientes ativos registrados para o eucalipto, sendo não seletivo e utilizado na pós emergência de plantas daninhas. (DE CASTRO, et al. 2016).

O glyphosate (N-(fosfometil) glicina) é um herbicida não-seletivo, sistêmico, pós-emergente, apresenta elevada eficiência na eliminação de plantas daninhas (AMARANTE JUNIOR, SANTOS, 2002). O herbicida costuma ser aplicado para efetuar o controle de plantas daninhas em áreas agrícolas e não agrícolas (AMARANTE JUNIOR, SANTOS, 2002). Este herbicida, é absorvido na planta através de suas folhas e dos caulículos novos bem como sua atuação sobre sistemas enzimáticos, inibindo, por sua vez, o metabolismo de aminoácidos e o conseqüente crescimento das plantas (ZAVARIZ et al., 2020).

Estudos focados na compreensão da interação entre o glyphosate e a adubação fosfatada e seus efeitos sobre as plantas são escassos (da Costa et al., 2021). No entanto, o glyphosate possui um grupo fosfato em sua molécula. Portanto, inúmeros fatores podem influenciar a sorção e dessorção deste herbicida no solo, incluindo o teor de íons de fósforo. Pois, há uma estreita relação entre a capacidade de sorção de glyphosate e dos fosfatos no solo (PEREIRA ET AL., 2013; PEREIRA ET AL., 2019; DA COSTA ET AL., 2021). Além do mais, a absorção do glyphosate pelas células é realizada por carreadores de fosfato (VELINI et al., 2009). A hipótese deste trabalho é que

plantas bem nutridas de fósforo podem reduzir os efeitos tóxicos do glyphosate. Porém, há a necessidade de realizar estudos para elucidar a interação entre o herbicida glyphosate e a adubação de fosfatada no manejo da cultura do eucalipto. Afim de prevenir problemas com o efeito da deriva do herbicida no eucalipto; e quantificar os efeitos dessa interação no crescimento, nutrição mineral e metabolismo das plantas.

## **2. OBJETIVOS**

Estudar a relação da adubação fosfatada (aplicada no solo durante o transplante das mudas) e de subdoses de glyphosate (aplicado após o transplante, diretamente sobre as mudas). Avaliar o efeito desta interação sobre o crescimento inicial, a nutrição mineral e o metabolismo de eucalipto.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Eucalipto (*Eucalyptus*)**

O *Eucalyptus* é um gênero de plantas, pertencente à família *Myrtaceae* que engloba espécies conhecidas pelo nome popular de eucalipto. Ainda que, o nome seja empregado a outros gêneros de mirtáceas e espécies arbóreas dos gêneros *Corymbia* e *Angophora*. O gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania que chegou ao Brasil e adaptou-se a fatores significativamente oportunos para seu desenvolvimento, tais como solo e clima (VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018).

Por ser considerada uma espécie vegetal crescimento rápido, em relação a outras espécies florestais, o eucalipto teve um crescimento alavancado durante o período dos incentivos fiscais, nas décadas de 60, 70 e perdurou até meados dos anos 80 (MOTTA; SILVA; DINIZ, 2010). Ademais, foi a partir de 1965, com apoio da Lei dos Incentivos Fiscais ao Reflorestamento, que a área de plantio de eucalipto no Brasil aumentou de 500 mil para 3 milhões de hectares (VALVERDE, 2007).

A implementação do eucalipto no Brasil acarretou em múltiplas discussões no cunho ambiental. No entanto, muitas são as pesquisas que associam a exploração de eucalipto a uma série de benefícios socioambientais positivos, como por exemplo, indústrias de grande porte a qual utilizam madeira como obra-prima e produção sustentável de madeira, evitando a extração de madeira autóctone, e, conseqüentemente, preservando florestas nativas (VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária tem-se hoje mais de 700 espécies de eucalipto reconhecidas botanicamente (EMPRAPA, 2019). Tais espécies têm propriedades físicas e químicas tão diversas que fazem com que os eucaliptos sejam usados para as mais diversas finalidades como, lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, celulose e papel, chapas de fibras e de partículas, até movelaria, geração de energia, medicamentos, entre outros. Dentre as principais espécies exploradas no mundo, podem-se destacar: *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. globulus*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis*.

De forma geral, espécies de eucalipto têm sido preferencialmente utilizadas devido ao seu rápido crescimento, capacidade de adaptação às diversas regiões ecológicas e pelo potencial econômico, tendo em vista a utilização diversificada de sua madeira (RODRIGUES, 2020). A alta produtividade de madeira, com menores custos e maiores taxas de retorno do investimento, conferem grande atratividade ao cultivo do eucalipto, garantindo alta competitividade de seus produtos nos mercados interno e externo. Assim, o Brasil vem ganhando posições de destaque no mercado, podendo alcançar de 60 a 70 m<sup>3</sup>/ha.ano (VALVERDE, 2007). Diante desse cenário, vários estudos têm comprovado ganhos de competitividade da indústria florestal (celulose, chapas e serrados), em detrimento dos países tradicionais decadentes.

Mesmo com impacto das alterações climáticas no crescimento das plantações, principalmente o desequilíbrio do regime de chuvas em várias partes do território nacional, a produtividade de eucalipto apresentou um aumento médio de 0,5% ao ano (IBÁ, 2019). Contudo, a produtividade do eucalipto pode ser prejudicada em consequência da espécie e do manejo a serem adotados. Estes, por sua vez, dependerão da finalidade de plantio e das condições edafoclimáticas da região de exploração.

Em termos de cultivo, recomenda-se que a implementação do eucalipto seja realizada nos períodos mais chuvosos do ano, uma vez que as mudas demandam solo úmido para se firmarem e desenvolverem, reduzindo perdas de árvores por decorrência de morte radicular. De forma geral, os meses de

setembro, outubro, dezembro, janeiro e fevereiro são os mais apropriados para o plantio de eucalipto (ABRAF, 2017).

As mudas podem ser obtidas por sementes ou por meio de clonagem. Os clones tendem a garantir maior uniformidade em termos de rendimento superior. Além do mais, podem apresentar características como resistência a pragas e doenças conhecidas, na maioria dos casos.

Antes do plantio faz-se necessário a escolha de manejo a ser adotado para garantir principalmente limpeza da área e preparo do solo (CARVALHO et al., 2019). Em áreas planas, é possível mecanizar todo o processo, desde o preparo de solo até o plantio, já no plantio semimecanizado o preparo do solo é realizado com implementos, enquanto a operação de plantio é manual (FRANÇA, 2017).

Os tratos culturais do plantio de eucalipto incluem adubação, desramas, desbastes, controle de pragas e patógenos. Contudo, o controle de plantas daninhas é tido como a operação mais importante ao que tange o manejo mais crítico na implementação, principalmente em sua fase inicial, do eucalipto (CARVALHO et al., 2019).

### **3.2 Plantas daninhas**

A existência de plantas daninhas em plantios de eucalipto, especialmente nos dois primeiros anos de cultivo pode provocar altos prejuízos à produtividade, pois culmina na diminuição da eficiência de aproveitamento dos recursos de crescimento pela cultura (MEDEIROS et al., 2016). Assim, a presença das plantas daninhas é considerada um dos maiores problemas na

implantação e manutenção de plantios de eucalipto por competirem pelos recursos de crescimento água, luz e nutrientes (PEREIRA; ALVES, 2015; PITELLI; MARCHI, 1991; SOUZA et al., 2010). Além de que, a coexistência destas espécies também pode causar uma série de alterações fisiológicas e morfológicas, resultado em reduções no crescimento das plantas, quantidade e qualidade da madeira (OSIECKA; MINOGUE, 2015).

Santos et al. (2007) sugerem que embora o gênero *Eucalyptus* seja conhecido pelo curto período destinado ao seu crescimento, tais espécies não estão livres da intervenção das plantas daninhas, trazendo inúmeras consequências negativas, podendo citar decréscimos quantitativos e qualitativos da sua produção. Em suma, as plantas daninhas na cultura do eucalipto exercem interferência alelopática de competição negativa (causa direta) bem como efeitos indiretos tais como ser hospedeiro de pragas e doenças, ou mesmo prejudicando a fertilização, irrigações e colheita (SOUZA; VELINI; MAIOMONIRODELLA, 2003). Além disso, a presença de plantas daninhas nos plantios de eucalipto, aumenta o risco de incêndios florestais (PEREIRA; ALVES, 2015).

As perdas de produção para cultura do eucalipto, irão variar de acordo às condições edafoclimáticas no qual as plantas estão inseridas (KELLISON; LEA; MARSH, 2013). No entanto, um dos fatores mais relevantes que traduzem estas perdas pode-se citar a competição com as plantas daninhas (SOUZA; ALVES; SALGADO, 2010). Para Garau et al. (2009), por exemplo o eucalipto é considerado mais sensível ao que tange a competição por plantas daninhas principalmente no seu desenvolvimento inicial, período que

compreende o primeiro ano após o plantio da cultura. Mais precisamente, Medeiros et al. (2016) ao investigar o crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de *eucalyptus urophylla* x *eucalyptus grandis* sob interferência de plantas daninhas puderam concluir que a presença de plantas daninhas em convivência com os híbridos afetou de maneira negativa significativamente variáveis como: altura de plantas, quantidade de ramos, diâmetro do caule e a matéria seca (MS) de folhas e do caule da espécie florestal, sendo o grau de interferência variável de acordo com a planta de competição e o clone.

A volumosa infestação de plantas daninhas, faz com que o eucalipto perca de forma muito rápida folhas e ramos, sendo que as folhas ficam concentradas no topo das mudas e o caule em estiolamento por causa da competição por luz solar, limitando a fonte predominante de energia aos processos básicos de recrutamento de elementos essenciais ao seu crescimento (PITELLI; MARCHI, 1991). Portanto, as plantas daninhas devem ser controladas antes que a interferência seja estabelecida.

O domínio de plantas daninhas na eucaliptocultura é responsável por em média 25% do custo para o desenvolvimento de povoamentos florestais no Brasil (WOCH,2014). Para Hakamada et al. (2010) a interferência de infestantes pode causar perdas de até 50% na produtividade do eucalipto e redução de mais de 90% na lucratividade do empreendimento florestal e aproximadamente 30% do custo total de produção e até 50% da mão de obra utilizada no ciclo do eucalipto é destinada ao controle de plantas daninhas.

Assim sendo, ratifica-se a necessidade do conhecimento do banco de sementes presentes na área, bem como a incidência de manifestação sob diferentes condições de manejo, podendo ser realizada por meio de levantamentos fitos sociológicos, uma ferramenta importante que auxilia na tomada de decisão a partir da comparação entre comunidades de interesse (KANEKO et al., 2018).

No Brasil, muitas das plantações florestais de alto rendimento estão presentes em áreas que eram compostas por pastagens tradicionais por muitos anos. Desse modo, as gramíneas se destacam entre as principais ervas daninhas presentes em uma área de exploração de eucalipto (PEREIRA et al., 2014). Vale ressaltar, porém que existem diferenças em termos de variedade, frequência, densidade e abundância nas populações de plantas daninhas existentes nas áreas de reforma e implantação de eucalipto (REZENDE et al., 2019). Como exemplos, pode-se citar as seguintes espécies de plantas daninhas para cultura de eucalipto: *Urochloa decumbens*; *Cyperus rotundus* *Mollugo verticillata* *Sida limifolia* *Sida rhombifolia* *Crotalaria lanceolata* *Portulaca oleracea* *Chamaecrista nictitans* *Richardia brasilienses*; *Croton glandulosus*; *Sida rhombifolia*; *Amaranthus retroflexus*; *Bidens pilosa*; *Conyza bonariensis*; *Galinsoga parviflora*; *Ipomoea grandifolia*; *Euphorbia heterophylla*; *Spermacoce latifolia*, *Brachiaria plantaginea*; *Commelina benghalensis*; *Digitaria horizontalis*; *Eleusine indica*, entre outros (PEREIRA; ALVES, 2015; REZENDE et al., 2019).

Em virtude o menor custo e menor dependência de mão de obra o controle químico tem sido o método mais utilizado em áreas de exploração de

eucalipto (MACHADO et al.,2017). Normalmente, duas a cinco aplicações de herbicidas são realizadas no primeiro ano do ciclo do eucalipto, envolvendo herbicidas em pré e pós-emergência de plantas daninhas (TUFFI SANTOS et al., 2006).

### **3.3 Glyphosate**

Dentre os herbicidas utilizados para a cultura do eucalipto, destaca-se o glyphosate (glifosato), por controlar grande número de espécies daninhas, ser considerado de baixo impacto ambiental e por ter a liberação de uso por parte das certificadoras florestais (MACHADO et al., 2017).

O glyphosate (N-fosfometil glicina) foi sintetizado no ano de 1964 com a finalidade de quelante industrial, onde sua utilização na modalidade de herbicida fora descrita somente em 1971 (YAMADA; CASTRO, 2007). Por causa de sua baixa solubilidade (1,2% a 25°C) do ácido em água, os sais mais solúveis são preferidos para as formulações químicas.

O termo glyphosate é comumente utilizado para relatar presença de ácido e sais, biologicamente equivalentes (YAMADA; CASTRO, 2007). Também por se tratar de um herbicida sistêmico e não seletivo, o glyphosate é usado em aplicações dirigidas, através de pulverizadores de barra protegida (tipo conceição) ou costais, apresentando riscos de deriva. Pesquisas já demonstraram os prejuízos provocados pela deriva de herbicidas em eucalipto e em culturas anuais (TUFFI SANTOS et al.,2009). Neste ensejo, em razão da dificuldade operacional, às barreiras impostas pela legislação trabalhista brasileira (ABRAF, 2013) e aos riscos de deriva durante as aplicações dirigidas

de glyphosate, torna-se necessária a busca de alternativas que protejam o eucalipto de danos causados pelo contato indesejado com o glyphosate, visando tornar mais fácil esta operação.

O glyphosate é absorvido pelas folhas através da cutícula e é translocado para novas folhas e meristemas. É um herbicida sistêmico que inibe a enzima 5-enolpiruvil chiquimato 3-fosfato sintase (EPSPs), bloqueando a síntese dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano, os quais são essenciais para a síntese de proteínas e metabólitos secundários (BRADSHAW et al., 1997).

Após a utilização do glyphosate, o primeiro composto de sua degradação é o ácido aminometilfosfônico (AMPA), que juntamente com o glyphosate ficam agrupados nas plantas inibindo assim a via de formação de compostos fenólicos, a rota do ácido chiquímico (SANTOS, 2019 apud CÂNDIDO et al. 2020), ou seja, atua na rota do ácido chiquímico inibindo a atividade da enzima EPSPs, que por sua vez culmina na inibição da biossíntese e alteração (diminuição) da disponibilidade dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano.

É importante destacar que o herbicida glyphosate possui muitas características adequadas ao manejo florestal, como alto espectro de ação e alta eficiência em controle de ervas daninhas. No entanto, o glyphosate não fornece efeitos residuais, o que requer aplicações frequentes, resultando em custos significativos, riscos de deriva e espécies tolerantes/ resistentes ao glyphosate (AMARANTE JÚNIOR, 2002).

De maneira geral, o glyphosate tem sido usado em aplicações antes do plantio (extermínio); no controle de plantas daninhas e no controle da rebrota do eucalipto; manutenção de áreas livres de ervas daninhas no primeiro ano (geralmente mais de uma vez que a pulverização é realizada); em aplicações anuais em todo ciclo da cultura (para evitar o aumento do banco de sementes, formação de sub-bosques, para facilitar a fertilização e melhorar o uso de fertilizante) e antes da colheita, a fim de tornar mais fácil. De acordo com Hakamada et al. (2010), quase 100% das empresas florestais utilizaram o glyphosate para o controle de ervas daninhas em 2010.

Ao que tange a eucaliptocultura, a magnitude do efeito do herbicida glyphosate no início crescimento da planta e morfologia foliar de *Eucalyptus x urograndis* vai depender do genótipo da espécie (clone) que pode ser ocasionada pelas diferenças do modo de ação do herbicida no metabolismo da planta relacionado as trocas gasosas (CERVEIRA JÚNIOR et al, 2020). De acordo com o autor, considera-se improvável que as diferenças na susceptibilidade ao glyphosate por clones intimamente relacionados sejam em decorrência a diferenças em propriedades específicas da planta.

Apesar das vantagens do uso do glyphosate, a deriva acidental em plantas de eucalipto tem sido frequentemente relatada em áreas florestais (SERRA et al., 2019). Mesmo com cautela, artigos recentes mostraram como é comum o contato do glyphosate com as folhas mais próximas do solo.

### **3.4 Interação de glyphosate e P**

O glyphosate e o fósforo (P) são altamente exigidos na produção de muitas culturas de importância comercial. Segundo Fernandes (2018) tais elementos apresentam o mesmo mecanismo de retenção no solo e, conseqüentemente, competem pelos mesmos sítios de sorção, ou seja, este produto químico apresenta em sua composição o grupo metilfosfônico cujo mecanismo de adsorção no solo é similar ao do fosfato inorgânico. Isso por que os íons do fosfato se conectam aos óxidos de ferro, alumínio ou cálcio carregados positivamente, do mesmo modo o grupo fosfato do glyphosate está envolvido principalmente aos óxidos de ferro e alumínio.

Nas palavras de Prata et al. (2003) a sorção do glyphosate no solo ocorre mediante a formação de complexos de esfera interna junto com metais dos óxidos, o que está relacionado à capacidade dos solos em adsorver fosfatos (aderir moléculas de um fluido a uma superfície sólida), o que implica na competição entre o herbicida e os íons fosfato pelos sítios de adsorção específica do solo. Já Sprankle et al. (1975) também provaram que as concentrações utilizadas de fósforo e glyphosate levam ao antagonismo dos mesmos pelos sítios de adsorção no solo, os níveis de fósforo no solo interferem nas quantidades adsorvidas do glyphosate existindo uma possível competição entre os íons fosfatados e glyphosate ocorre pela presença do grupo metilfosfônico.

O glyphosate possui um grupo fosfato (Pi) em sua molécula, em vista disso, inúmeros fatores podem influenciar a sorção e dessorção do glyphosate no solo, incluindo o teor de íons P, pois existe uma estreita relação entre o glyphosate e a capacidade de sorção do Pi pelos solos, o que significa que os

mecanismos de sorção de Pi e glyphosate são semelhantes, competindo entre si pelo mesmo local de retenção de solo (PEREIRA et al., 2019).

As plantas absorvem P através da membrana celular por meio de transportadores Pi, enquanto o glyphosate consegue entrar nas plantas tanto por difusão passiva quanto pelo sistema de transporte endoplasmático, também usando transportadores Pi da membrana celular (ZHONG et al., 2018). Em certos casos, o transporte do componente saturável do glyphosate pode ser inibido competitivamente na presença de P; portanto, a concentração de Pi pode afetar a absorção de glyphosate nas plantas (COSTA et al., 2021).

De acordo com Yamada e Castro (2007) na solução do solo o glyphosate dessorvido pode ser lixiviado, absorvido pelas plantas ou mineralizado pelos microrganismos do solo. Sprankle et al. (1975) concluíram que o teor de P (fósforo) no solo é o fator mais relevante para o prognóstico da quantidade de glyphosate a ser adsorvida. Os íons do fosfato ligam-se aos óxidos de ferro, alumínio ou cálcio carregados positivamente, do mesmo modo o grupo fosfato do glyphosate está envolvido principalmente aos óxidos de ferro e alumínio.

Ao passo que os índices de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) são elevados no solo, a adsorção de glyphosate ( $\text{nM g}^{-1}$  de solo) é relativamente decrescida (SPRANKLE et al., 1975). No solo, o glyphosate é evidenciado por sua alta capacidade de sorção, podendo apresentar coeficientes de partição da ordem de  $1.188 \text{ mL g}^{-1}$  (CHEAH; KIRKWOOD; LUM, 1997). Diversos mecanismos de ligação têm sido propostos para a sorção deste herbicida, podendo citar: ligações eletrostáticas em meios extremamente ácidos (MILES; MOYE, 1988),

ligações de hidrogênio com substâncias húmicas (PICCOLO; CELANO; CONTE, 1996) e, de modo especial, ligações covalentes com óxidos de Fe e Al (PRATA et al., 2000).

Entretanto, a existência de tais mecanismos conforme Piccolo et al. (1996), precisam apresentarem resultados mais detalhados ao que tange os mecanismos de ligação, as quais devem se basear em pesquisas que detalhem a sorção e dessorção com base em diferentes tratamentos. Diante todo esse contexto levantando, destaca-se a relevância de se investigar a relação da adubação fosfatada (aplicada no solo durante o transplante das mudas) e do herbicida glyphosate (aplicado após o transplante, diretamente sobre as mudas, simulando deriva) e avaliar seu impacto sobre o crescimento inicial, a nutrição mineral e o metabolismo de eucalipto.

O trabalho de Pereira et al. (2019) teve como objetivo avaliar a hipótese de se o fosfato afetou a absorção e transporte de glyphosate e, dentre outros resultados puderam concluir que plantas de *Eucalyptus grandis* sujeitas à deficiência de P absorveram mais do produto (C-glyphosate) do que outras. Na visão de Costa et al. (2021) divergências de resultados que tratem sobre a interação de P e o herbicida glyphosate podem estar associadas às características físico-químicas da solução de pulverização, uma vez que a condutividade elétrica, pH, tensão superficial e viscosidade podem interferir no espectro de gotículas e influenciar na interação do herbicida com a superfície alvo.

Estudos focados em compreender a interação entre o glyphosate e o P mediante os efeitos nas plantas são escassos haja vista a pouca quantidade de

artigos voltados em investigar este tema. Nesse sentido, evidencia-se a necessidade de realização de estudos para verificar se a fertilização com Pi, dependendo da quantidade de fertilizante a base de P, influencia a seletividade de culturas ao glyphosate, induzindo diferentes respostas em relação ao crescimento de mudas e absorção de nutrientes, bem como controle de ervas daninhas.

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), Jaboticabal, Brasil, no período de dezembro de 2018 a julho de 2019. O solo utilizado em todos os experimentos era composto por 59, 20 e 21% de argila, silte e areia total; respectivamente e caracterizado como Latossolo Vermelho de textura argilosa. O solo foi coletado na camada de 0 a 20 cm em área sem histórico de aplicação de herbicidas. Após a coleta, o solo foi destorroado, seco à sombra, peneirado e, posteriormente, foi retirada uma amostra para realização de análises das características granulométrica e química (Tabela 1). Após o resultado da análise do solo, foi realizada a correção da fertilidade do solo antes do plantio das mudas, de acordo com recomendação de Gonçalves et al. (1997). Neste experimento, foram utilizados clones de eucalipto I144 (*Eucalyptus urograndis*) (Fibra, Brasil); e a formulação comercial de glyphosate foi Roundup Original DI (Monsanto, Brasil, sal de Di-amônio, 370 g e.a. L<sup>-1</sup>).

**Tabela 1.** Resultado da análise química do solo, antes da adubação fosfatada, Jaboticabal – SP, 2019.

pH	M.O.	P	S	Ca	Mg	K	Al	H+Al	S.B.	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	%
5,5	7	7	18	14	6	0,9	0	11	20	31,2	64

pH em CaCl<sub>2</sub> por potenciometria; M.O. por Espectrofotometria; P em resina por Espectrofotometria; S por Turbidimetria; Ca por Espectrometria de Absorção Atômica; Mg por Espectrometria de Absorção Atômica; K por Espectrometria de Absorção Atômica; H+Al - em Tampão SMP por potenciometria; S.B. (Soma de bases) = Ca+Mg+Na+K; CTC (capacidade de troca catiônica) = S.B.+H+Al; V% (índice de saturação de bases) = (SB/CTC)\* 100 (Referência: Raj et al., 2001).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em um esquema fatorial (2 doses de P e 2 doses de glyphosate), com cinco épocas de avaliação e cinco repetições por interação (Tabela 2). As mudas de eucalipto foram submetidas a duas subdoses de glyphosate (0 e 72 g e.a. ha<sup>-1</sup>, equivalente a 0 (controle), e 10%, respectivamente, da dose recomendada para o controle de plantas daninhas (720 g e.a. ha<sup>-1</sup>) e a duas doses de P (32 e 225 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> planta<sup>-1</sup>) (Tabela 2). Cinco épocas (0, 2, 4, 7 e 192 dias após a aplicação do herbicida – DAA) após a aplicação do glyphosate, foram avaliadas. Cada unidade experimental foi composta por um vaso de polietileno, contendo 12,0 dm<sup>3</sup> de solo e uma muda de eucalipto.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos aplicados nos clones de eucalipto I144, avaliados aos 0, 2, 4, 7 e 192 dias após a aplicação do herbicida.

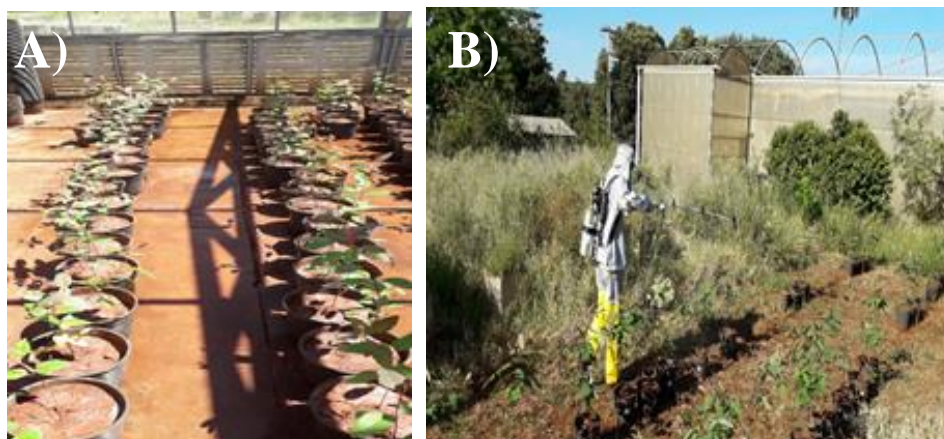
Tratamentos	Adubação	Glyphosate
T1*	Adubação de Plantio (AP)	Sem Aplicação
T2*	AP	72 g e.a. ha <sup>-1</sup>
T3**	AP + Superfosfato triplo (450 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Sem Aplicação
T4**	AP + Superfosfato triplo (450 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	72 g e.a. ha <sup>-1</sup>

Para cada unidade experimental: \* adubação de plantio recomendada para a cultura (1,5 g de 20-0-20 (N-P-K) e 0,7 g de superfosfato triplo (32 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> planta<sup>-1</sup>)). \*\* adubação

enriquecida com P (1,5 g de 20-0-20 (N-P-K) e 5,0 g de superfosfato triplo (225 mg de  $P_2O_5$  planta<sup>-1</sup>)).

As mudas foram adquiridas em viveiro comercial com cinco a seis folhas totalmente expandidas. No dia do transplante das mudas, o ajuste de dose de P foi feito de acordo com as informações obtidas na análise do solo, sendo realizada a adubação de plantio com N-P-K (20-0-20) e superfosfato triplo (46% de  $P_2O_5$  e 12% de Ca). As diferentes concentrações (32 e 225 mg de  $P_2O_5$  planta<sup>-1</sup>) de P foram conseguidas adicionando no solo, ao redor das plantas, junto ao transplante: i) 1,5 g de 20-0-20 (N-P-K) e 0,7 g de superfosfato triplo (32 mg de  $P_2O_5$  planta<sup>-1</sup>) – adubação de plantio recomendada para a cultura e; ii) 1,5 g de 20-0-20 (N-P-K) e 5,0 g de superfosfato triplo (225 mg de  $P_2O_5$  planta<sup>-1</sup>) – adubação enriquecida com P, por vaso, conforme os tratamentos. A irrigação das plantas foi realizada diariamente, conforme a exigência da cultura.

Aos 30 dias após o transplante (DAT) foi realizada a aplicação do herbicida glyphosate (72 g e.a. ha<sup>-1</sup>, Roundup Original DI) (Figura 1). A aplicação do herbicida foi feita a 50 cm do dossel das plantas, utilizando pulverizador costal pressurizado à  $CO_2$  com pressão de 200 kPa, munido de barra de pulverização com quatro bicos com pontas tipo leque TeeJet 11002 e calibrado para volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.



1. **A)** Após o transplântio das mudas de eucalipto. **B)** Aplicação do herbicida sobre as mudas de eucalipto.

A resposta das plantas ao herbicida foi avaliada aos 0, 2, 4, 7 e 192 DAA. As plantas foram mensuradas quanto altura de plantas (do colo, rente ao solo, até o ápice do caule) (cm) e diâmetro do caule (a 5 cm do solo) (mm). As avaliações de altura das plantas e do diâmetro do caule, foram feitas utilizando-se régua (cm) e paquímetro (mm) manual. Nestas épocas de avaliação as plantas tiveram seus órgãos separados (folhas e caule). Em seguida, os materiais foram armazenados e identificados em sacos de papel, acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a  $65\pm 2$  °C por sete dias, pesado em balança semi-analítica digital com precisão de 0,01 g, para determinação da matéria seca (g).

Uma vez secas e pesadas, 10 folhas coletadas no terço mediano-superior das plantas, foram moídas em um micro moinho tipo Wiley equipado com peneira (malha 20 mesh), e armazenada em sacos de papel para determinar acúmulo e eficiência de fósforo (P). Para determinação do teor de P, as amostras foram submetidas a digestão nitroperclórica. Após a digestão, o teor de P foi determinado pelo método colorimétrico do ácido fosfovanadato-molibdico (SARRUGE; HAAG, 1974).

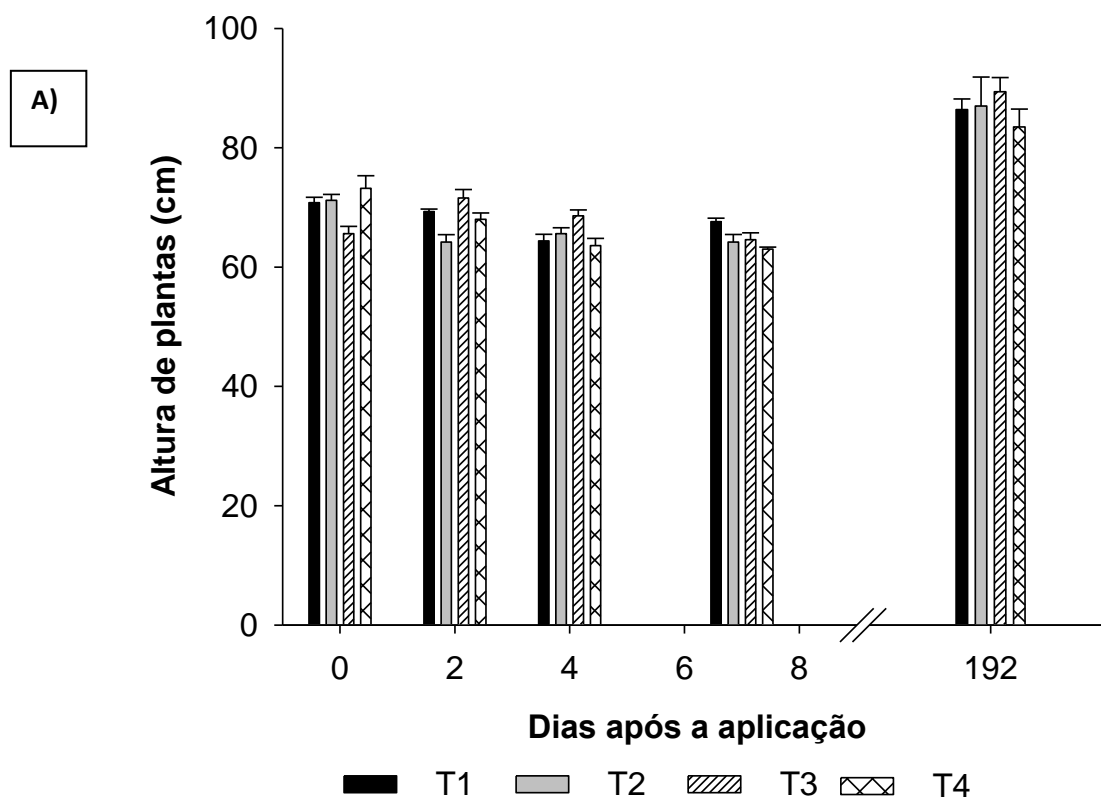
Os teores de glyphosate, ácido aminometilfosfônico (AMPA), ácido chiquímico, fenilalanina, tirosina e triptofano em tecidos foliares (folhas que restaram das plantas de eucalipto após a determinação do teor de fósforo), foram determinados aos 0, 2, 4, e 7 DAA. Após serem secas e pesadas, 100 mg de folhas foram utilizados para quantificação dos teores de glyphosate, AMPA, ácido chiquímico, fenilalanina, tirosina e triptofano por cromatografia líquida de alta eficiência, conforme metodologia adotada por Gomes et al. (2015). Na quinta avaliação (192 DAA) não foi mensurado os teores de glyphosate, AMPA, ácido chiquímico, fenilalanina, tirosina e triptofano, pois já havia transcorrido um longo período de tempo após a aplicação do herbicida, tornando-se improvável a detecção destes metabólitos.

Todos os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk), homogeneidade (Levene) e posteriormente avaliados por meio da análise de variância (Teste F). Quando significativo ( $P < 0,05$ ) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar®. Os gráficos foram elaborados no software SigmaPlot 10.0® (Systat Software, Inc., San Jose, EUA, [www.systatsoftware.com](http://www.systatsoftware.com)).

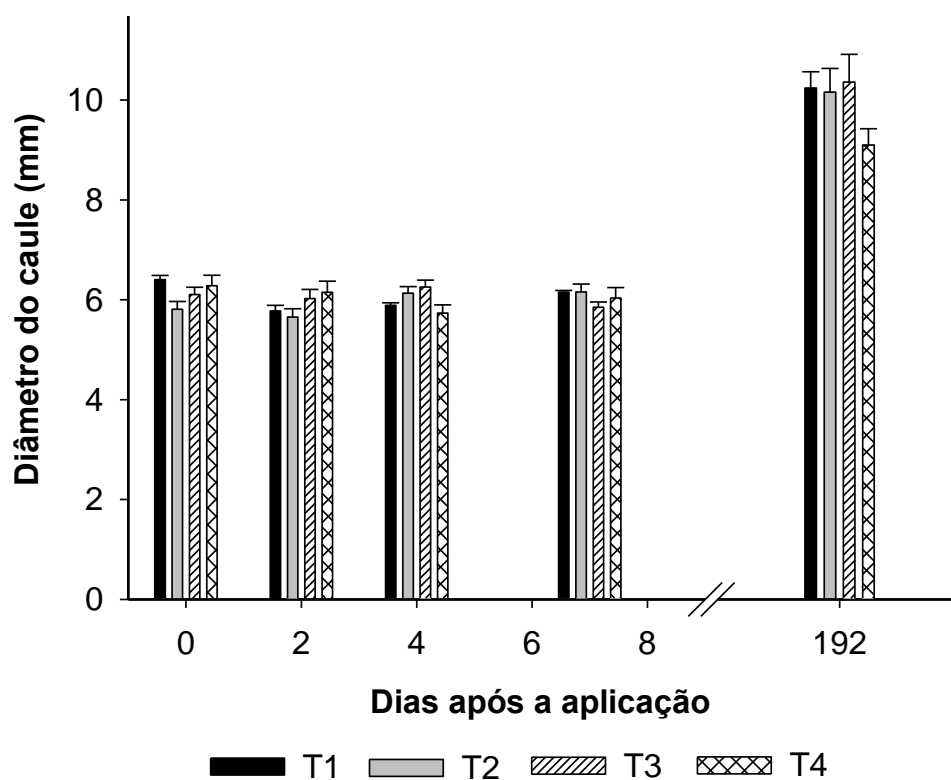
## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A interação entre glyphosate e P não influenciou no crescimento quanto altura, diâmetro do caule e acúmulo de matéria seca da parte aérea (Figura 2 a-c). O teor de P nas folhas foi influenciado pela adubação fosfatada a partir dos 4 DAA, quanto maior a concentração de P no solo, maior o teor de P nas folhas. Além do mais, foi possível observar que ocorreu maior teor de P em

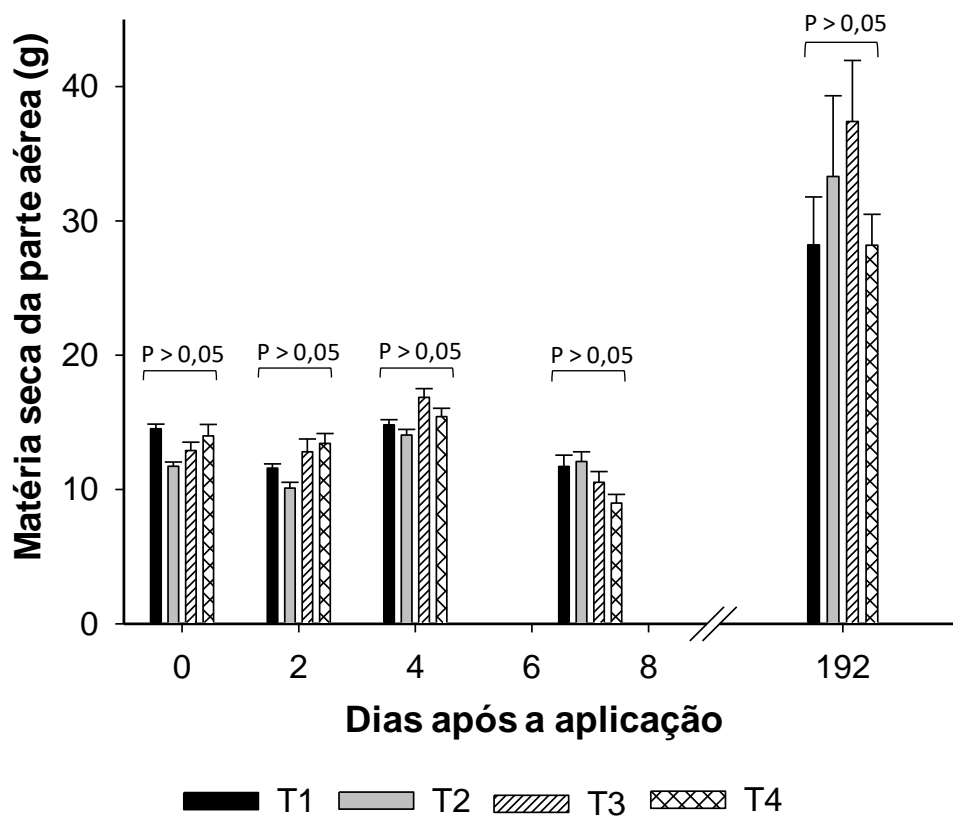
plantas tratadas com glyphosate em relação a plantas sem exposição ao herbicida, aos 192 DAA (Figura 2 d).

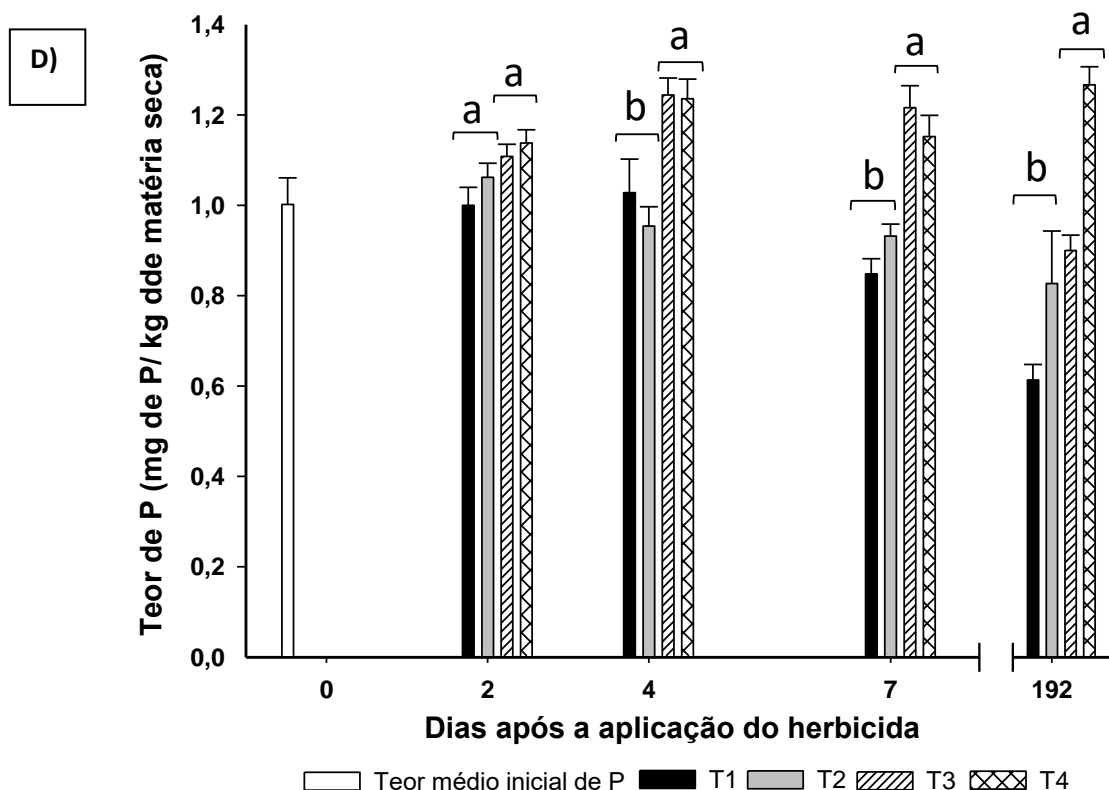


B)



c)





**Figura 2. A)** Altura de Plantas **B)** Diâmetro do caule **C)** Matéria seca da parte aérea **D)** Teor de Fósforo nas folhas em planta de eucalipto de acordo com dia após aplicação do herbicida. T1 – adubação de plantio (32 mg de  $P_2O_5$  planta<sup>-1</sup>) e sem glyphosate. T2 – adubação de plantio (32 mg de  $P_2O_5$  planta<sup>-1</sup>) com glyphosate. T3 – adubação enriquecida de fósforo (225 mg de  $P_2O_5$  planta<sup>-1</sup>) e sem glyphosate. T4 – adubação enriquecida de fósforo (225 mg de  $P_2O_5$  planta<sup>-1</sup>) e com glyphosate. Letras minúsculas iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ┘ Barras verticais indicam o desvio padrão (n=5).

A interação entre glyphosate e a adubação enriquecida com fósforo não influenciou as concentrações de glyphosate, AMPA, ácido chiquímico, fenilalanina, tirosina e triptofano (Tabelas 3, 4, 5 e 6), independente da época de avaliação. Aos 0 DAA não foi detectado glyphosate nas folhas de eucalipto, isso deve-se ao fato de que as folhas foram coletadas antes da aplicação do herbicida (Tabela 3). Mas, aos 2 DAA já ocorreu quantificação de glyphosate nas folhas (Tabela 4). Apesar de ter sido detectado maior (2,13 ng/ mg MS) concentração de glyphosate em plantas submetidas a adubação enriquecida de fósforo (225 mg de  $P_2O_5$ ) aos 2 DAA. A concentração de glyphosate foi menor

quando avaliado as 4 (1,6 ng/ mg MS) e 7 (0,5 ng/ mg MS) DAA em plantas submetidas a adubação enriquecida de fósforo (225 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (Tabelas 5 e 6).

**Tabela 3.** Média dos valores de glyphosate, ácido aminometilfosfônico (AMPA), ácido chiquímico, fenilalanina, tirosina e triptofano de plantas jovens de eucalipto submetidas a diferentes adubações fosfatadas e doses de glyphosate aos 0 DAA (dias após a aplicação do herbicida).

Tratamentos	glyphosate	AMPA	Ácido chiquímico	Fenilalanina	Tirosina	Triptofano
0 g e.a. ha <sup>-1</sup> de glyphosate	nd	nd	272,80	82,05	14,82	48,15
72 g e.a. ha <sup>-1</sup> de glyphosate <sup>/a</sup>	nd	nd	225,10	81,55	16,21	42,28
32 mg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /planta <sup>b</sup>	nd	nd	258,10	78,93	15,41	44,88
225 mg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /planta <sup>/c</sup>	nd	nd	239,80	84,67	15,62	45,55
F glyphosate	–	–	4,025 ns	0,01 ns	3,09 ns	1,80 ns
F adubação	–	–	0,592 ns	1,46 ns	0,07 ns	0,02 ns
F glyphosate x adubação	–	–	6,305 ns	1,19 ns	0,38 ns	0,52 ns
CV (%)	–	–	21,35	10,05	8,81	16,75

Nas colunas, médias ± desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. nd não detectado. ns não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>/a</sup> glyphosate – sal de Di-amônio, Roundup Original DI® (194,6 mL ha<sup>-1</sup> de p.c.). <sup>b</sup> 0,7 g de superfosfato triplo (45%) / planta. <sup>/c</sup> 5 g de superfosfato triplo (45%) / planta.

**Tabela 4.** Média dos valores de glyphosate, ácido aminometilfosfônico (AMPA), ácido chiquímico, fenilalanina, tirosina e triptofano em plantas jovens de eucalipto submetidas a diferentes adubações fosfatadas e doses de glyphosate aos 2 DAA (dias após a aplicação do herbicida).

Tratamentos	glyphosate	AMPA	Ácido chiquímico	Fenilalanina	Tirosina	Triptofano
0 g e.a. ha <sup>-1</sup> de glyphosate	nd	nd	248,80	92,83a	31,95a	62,77a
72 g e.a. ha <sup>-1</sup> de glyphosate <sup>/a</sup>	1,79 ± 0,76	nd	306,50	71,62b	19,42b	53,3b
32 mg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /planta <sup>/b</sup>	1,43 ± 0,72	nd	274,90	78,03	26,28	58,40
225 mg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /planta <sup>/c</sup>	2,13 ± 0,69	nd	280,40	86,42	25,08	57,90
F glyphosate	–	–	3,919 ns	25,08*	17,16*	14,75 *
F adubação	2,100 ns	–	0,036 ns	3,92 ns	0,16 ns	0,04 ns
F glyphosate x adubação	–	–	0,268 ns	3,58 ns	4,15 ns	6,30 ns

CV (%)	43,06	–	23,47	8,92	20,41	7,16
--------	-------	---	-------	------	-------	------

Nas colunas, médias  $\pm$  desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. nd não detectado. ns não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>/a</sup> glyphosate – sal de Di-amônio, Roundup Original DI® (194,6 mL ha<sup>-1</sup> de p.c.). <sup>/b</sup> 0,7 g de superfosfato triplo (45%) / planta. <sup>/c</sup> 5 g de superfosfato triplo (45%) / planta.

**Tabela 5.** Média dos valores de glyphosate, ácido aminometilfosfônico (AMPA), ácido chiquímico, fenilalanina, tirosina e triptofano em plantas jovens de eucalipto submetidas a diferentes adubações fosfatadas e doses de glyphosate aos 4 DAA (dias após a aplicação do herbicida)

Tratamentos	glyphosate	AMPA	Ácido chiquímico	Fenilalanina	Tirosina	Triptofano
0 g e.a. ha <sup>-1</sup> de glyphosate	nd	nd	168,20 a	81,18	47,92	72,77
72 g e.a. ha <sup>-1</sup> de glyphosate <sup>/a</sup>	1,95 $\pm$ 1,12	nd	295,60 b	82,03	57,37	76,03
32 mg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /planta <sup>/b</sup>	2,38 $\pm$ 1,36	nd	222,50	80,35	49,82	77,07
225 mg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /planta <sup>/c</sup>	1,62 $\pm$ 0,77	nd	241,30	82,87	55,57	71,73
F glyphosate	–	–	0,474*	0,02 ns	4,35 ns	1,90 ns
F adubação	2,715 ns	–	21,753 ns	0,21 ns	1,56 ns	5,07 ns
F glyphosate x adubação	–	–	1,338 ns	1,32 ns	0,02 ns	2,49 ns
CV (%)	36,24	–	26,34	11,65	14,91	5,51

Nas colunas, médias  $\pm$  desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. nd não detectado. ns não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>/a</sup> glyphosate – sal de Di-amônio, Roundup Original DI® (194,6 mL ha<sup>-1</sup> de p.c.). <sup>/b</sup> 0,7 g de superfosfato triplo (45%) / planta. <sup>/c</sup> 5 g de superfosfato triplo (45%) / planta.

**Tabela 6.** Média dos valores de glyphosate, ácido aminometilfosfônico (AMPA), ácido chiquímico, fenilalanina, tirosina e triptofano em plantas jovens de eucalipto submetidas a diferentes adubações fosfatadas e doses de glyphosate aos 7 dias após a aplicação do herbicida (DAA).

Tratamentos	glyphosate	AMPA	Ácido chiquímico	Fenilalanina	Tirosina	Triptofano
0 g e.a. ha <sup>-1</sup> de glyphosate	nd	nd	297,30 a	58,35	20,42	53,60
72 g e.a. ha <sup>-1</sup> de glyphosate <sup>/a</sup>	0,71 $\pm$ 0,44	nd	393,80 b	64,70	20,00	57,12
32 mg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /planta <sup>/b</sup>	0,80 $\pm$ 0,49	nd	357,50	61,65	19,37	56,15
225 mg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /planta <sup>/c</sup>	0,54 $\pm$ 0,39	nd	333,60	61,40	21,05	54,57
F glyphosate	–	–	14,925*	1,17 ns	0,09 ns	2,75 ns
F adubação	0,975 ns	–	0,915 ns	0,01 ns	1,50 ns	0,55 ns
F glyphosate x adubação	–	–	2,787 ns	1,54 ns	3,01 ns	0,07 ns
CV (%)	61,90	–	16,16	16,54	11,78	6,65

Nas colunas, médias  $\pm$  desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. nd não detectado. ns não significativo

pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>/a</sup> glyphosate – sal de Di-amônio, Roundup Original DI® (194,6 mL ha<sup>-1</sup> de p.c.). <sup>/b</sup> 0,7 g de superfosfato triplo (45%) / planta. <sup>/c</sup> 5 g de superfosfato triplo (45%) / planta.

Mesmo não havendo interação significativa entre o glyphosate e a adubação fosfatada; e sabendo que os transportadores de fosfato são responsáveis pela aquisição de fosfato através da membrana plasmática; em condições de deficiência de P; algumas espécies podem mudar a expressão gênica destes transportadores e induzir o aumento da expressão de transportadores de alta afinidade para incrementar o influxo de fosfato na planta (PEREIRA, 2016; COSTA 2021; DA COSTA ET AL., 2021). O fornecimento de concentrações maiores de P pode ter influenciado na concentração de glyphosate nas folhas de eucalipto.

Além disso, a incorporação do glyphosate é rápida nas plantas e existe variação na taxa de absorção entre as espécies (DUKE; POWLES, 2008). Alguns autores explicam que, para o eucalipto, a absorção do herbicida, depende de fatores como: espécie envolvida, idade da planta, concentrações do herbicida, do surfactante e condições ambientais. (MONQUERO, P.A et al, 2004; MACHADO, A.F.L et al, 2009). Portanto, assumindo que estes fatores não foram considerados no presente trabalho e os relatos de que o glyphosate, uma vez no interior da planta, segue o padrão fonte-dreno (PRESTON; WAKELIN, 2008; PEREIRA, 2016), logo, a redução da concentração de glyphosate pode ser devido a translocação do herbicida para o sistema radicular da planta. Tal fato, também pode ser observado em um estudo, com clones de eucalipto, que comprovou a maior concentração de glyphosate no sistema radicular do que na parte aérea, apenas duas horas após a aplicação (MACHADO, et al, 2009).

Sabendo que a adição de fósforo em volumes inferiores de solo (vasos), reduz sua adsorção e precipitação, e conseqüentemente, aumenta sua disponibilidade para as plantas. (ANGHINONI, 1992; MODEL & ANGHINONI, 1992; PRADO ET AL., 2001). E por outro lado, a aplicação localizada do P não garante que a planta terá a quantidade necessária deste nutriente, pois este procedimento está diretamente ligado com o comportamento diferencial das espécies. (CORREA ET AL, 2003). Corroborando com o fato de que as mudas foram adquiridas em viveiro comercial, bem nutridas e acondicionadas em substrato com uma concentração de fósforo favorável para o desenvolvimento da planta e formação das raízes; mensurar a dose do fertilizante que a planta precisa ser exposta se torna uma atividade complexa e isto influenciou diretamente na absorção do nutriente na planta e, conseqüentemente em sua dinâmica com o herbicida.

O AMPA não foi detectado nas folhas de eucalipto, independente do tipo de adubação, dose de glyphosate e época de avaliação (Tabelas 3, 4, 5 e 6). Este resultado indica que não houve degradação do herbicida nas folhas de eucalipto, independente da adubação. Todavia, após a absorção do herbicida nas plantas, pode haver conversão do glyphosate em AMPA, esse processo faz parte da rota de degradação mais comum do herbicida. Ela ocorre devido a ação de enzimas e do ácido glioxílico que clivam a molécula de glyphosate. (OBOJSKA, TERNANA, LEJCZAK, 2002; TEJADA, 2009; ANDRIGHETTI et al., 2014).

Aos 0 (Tabela 3) e 2 (Tabela 4) DAA a aplicação de glyphosate e a adubação fosfatada não influenciou a concentração de ácido chiquímico nas

folhas de eucalipto. Mas, aos 4 (Tabela 5) e 7 (Tabela 6) plantas submetidas a aplicação de glyphosate, independente da adubação; tiveram maior (~296 e 394 ng/mg MS, respectivamente) concentração de ácido chiquímico nas folhas de eucalipto, em relação ao controle (sem aplicação de glyphosate).

O glyphosate atua na rota do ácido chiquímico, que é uma via de formação de compostos relacionados com mecanismos de defesa da planta (TUFFI SANTOS et al., 2007). Este ácido, atua como marcador seletivo para plantas submetidas a subdoses de glyphosate. Uma vez que, ele é rapidamente desenvolvido no interior da célula e apresenta fácil extração e baixo custo de análise. Alguns estudos relatam que plantas submetidas a doses de glyphosate apresentam maior concentração de ácido chiquímico do que plantas não tratadas com o herbicida (controle) (ANDERSON, COBB, LOPER, 2001; MESCHEDE et al., 2012).

Koger et al (2005) observou que a maior concentração de ácido chiquímico, em um trabalho realizado com plantas de arroz, foi notada a partir do terceiro dia após a aplicação de glyphosate (dose de 420 g e.a. ha<sup>-1</sup>) e os seus picos foram até o vigésimo oitavo dia. Corroborando com essa ideia, Bresnahan et al (2003), trabalhando com plantas de trigo, avaliou a concentração de ácido chiquímico após aplicação de glyphosate, e concluiu que a sua maior concentração em todas as partes da folha estava entre o terceiro e sétimo dia, após este período, a concentração de ácido chiquímico passou a diminuir nas folhas e aumentar nas raízes. Estas informações nos permitem criar uma hipótese de que o glyphosate passa a influenciar mais

acentuadamente no ácido chiquímico após o terceiro dia de aplicação e está relacionado a dose aplicada e o comportamento diferencial entre as espécies.

A adição de P na adubação e a aplicação de glyphosate não influenciaram as concentrações dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano aos 0, 4 e 7 DAA (Tabela 3, 5 e 6). Contudo, aos 2 DAA ocorreu influência das doses de glyphosate sobre as concentrações destes aminoácidos (Tabela 4). Logo, plantas expostas ao herbicida glyphosate tiveram menor concentração de fenilalanina (71,62 ng/mg MS), tirosina (19,42 ng/mg MS) e triptofano (53,3 ng/ mg MS) aos 2 DAA. Este efeito, pode estar relacionado ao fato de que o glyphosate inibe a EPSPS (enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase), atua na rota do ácido chiquímico, interferindo diretamente na redução de produtos como fenilalanina, tirosina e triptofano, que são aminoácidos responsáveis para síntese de proteínas responsáveis pelo desenvolvimento de parede celular e defesa contra patógenos (CARVALHO, B. C., ALVES, P. L.C. A.; COSTA, F. R, 2015) (Tabela 4). Porém, a aplicação de subdose de glyphosate sobre as plantas de eucalipto, pode não ter sido o suficiente para provocar maiores reduções destes aminoácidos nas folhas de eucalipto, pois pode ser observado que aos 4 e 7 DAA, já não houve diferença entre plantas com e sem exposição ao herbicida. Como também, o herbicida pode ter sido translocado para o sistema radicular.

## **6. CONCLUSÕES**

A adubação enriquecida com fósforo influenciou no teor de fósforo nas folhas. Plantas submetidas ao glyphosate e adubação enriquecida com fósforo

apresentaram maior teor de fósforo aos 192 DAA. Plantas submetidas a dose de 72 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate apresentaram maior concentração de ácido chiquímico a partir do quarto dia após a aplicação, independentemente do tipo de adubação. Nas condições de adubação e aplicação de glyphosate não ocorreu detecção de AMPA; e não influenciou as concentrações de fenilalanina, tirosina e triptofano nas folhas de eucalipto, exceto aos 2 DAA que ocorreu influência do glyphosate sobre a concentração destes aminoácidos nas plantas.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília: ABRAF, 2013.148p.
- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF: Ano base 2016. Brasília, 2017, 149 p.
- AMARANTE JUNIOR, O. P.; SANTOS, T.C.R.; Glyphosate: Propriedades, Toxicidade, Usos e Legislação. *Quim. Nova*, v. 25, n. 4, 589-593, 2002.
- ANDERSON, K. A.; COBB, W. T.; LOPER, B. R. Analytical method for determination of shikimic acid: shikimic acid proportional to glyphosate application rates. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 32, n. 17/18, p. 2831-2840, 2001.
- ANDRIGHETTI, M. S.; NACHTIGALL, G. R.; QUEIROZ, S. C. N.; FERRACINI, V. L.; AYUB, M. A. Z. Biodegradação de glyphosate pela microbiota de solos cultivados com macieira. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.38, n.5, 2014.
- ANGHINONI, I. Uso de fósforo pelo milho afetado pela fração de solo fertilizada com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, n.2, p.349-353, 1992.
- BACHA, C.J.C; Os mercados de produtos de florestas no Brasil em 2017 e 2018.
- BRADSHAW, L. D.; PADGETTE, S. R.; KIMBALL, S. L.; WELLS, B. H. **Weed Technology**, p. 189-198, 1997.
- BRESNAHAN, G. A., MANTHEY, F. A., HOWATT, K. A., & CHAKRABORTY, M. Glyphosate Applied Preharvest Induces Shikimic Acid Accumulation in Hard Red Spring Wheat (*Triticum aestivum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n.14, p. 4004–4007, 2003.
- CARBONARI, C.A. Métodos de controle de plantas daninhas em eucalipto. **Revista Opiniões FLORESTAL: celulose, papel, carvão, siderurgia, painéis e madeira**. Ano 14, n. 46, Divisão F, dez/fev 2017.

- CARVALHO, F. L. D. C.; BARBOSA JÚNIOR, L. B.; ARAÚJO, N. B. P.; BARROS, A. P.; SANTOS, H. D. C.; SILVA, R. B. D. (2019, October). Levantamento florístico de plantas daninhas no desenvolvimento inicial na cultura do eucalipto, município de araguatins-to. In: 10ª JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO.
- CARVALHO, B. C., ALVES, P. L.C. A.; COSTA, F. R. Differential response of clones of eucalyptus to glyphosate. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p 177-187, 2015.
- CERVEIRA JUNIOR, W. R.; COSTA, Y. K. S; DA CARBONARI, C. A.; DUKE, S. O.; ALVES, P. L. DA C. A.; & CARVALHO, L. B. DE. Growth, morphological, metabolic and photosynthetic responses of clones of eucalyptus to glyphosate. **Forest Ecology and Management**, 470-471, 2020.
- CHEAH, U.B.; KIRKWOOD, R.C.; LUM, K.Y. Adsorption, desorption and mobility of four commonly used pesticides in Malaysian agricultural soils. **Pesticide Science**, v.50, p.53-63, 1997.
- CORRÊA, M.C.M.; PRADO, R.M.; NATALE, W.; PEREIRA, L.; BARBOSA, J.C. Resposta de mudas de goiabeira a doses e modos de aplicação de fertilizante fosfatado. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 25, n. 1, p. 164-169, 2003
- COSTA, Y.K.S.da. Interação de glyphosate e fósforo: desenvolvimento de café arábica, respostas antioxidantes em milho e controle de plantas daninhas. 81f. Tese (Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2021. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/204447>>. Acesso em: junho de 2021.
- CRUZ, M.B.; ALVES, P.L.C.A.; KARAM, D.; FERRAUDO, A.S. Guinea grass and its effects on the initial growth of *Eucalyptus x urograndis* clones. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 391-401, 2010.
- DA COSTA, Y.K.; RIBEIRO, N.M.; MOURA, G.C.P.; OLIVEIRA, A.R.; BIANCO, S.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; CARVALHO, L.B. Effect of glyphosate and P on the growth and nutrition of *Coffea arabica* cultivars and on weed control. **Scientific Reports**. v.11, n. 8095, 2021.
- DE CASTRO, E; CARBONARI, C.A; VELINI, E. D; BELAPART, D; GOMES, G.L.C; BEN, R. Absorption, translocation and metabolic effects of glyphosate by Eucalyptus plants. **Scientia Forestalis**, v.44, n.111, p. 719-727, 2016.
- DIAS, R. de C.; MUNHOZ, D. G.; BIANCHI, L.; ANUNCIATO, V. M.; TROPALDI, L.; da SILVA, P. V.; ...VELINI, E. D. Resposta de glyphosate em mucuna-preta desenvolvida em diferentes temperaturas. *Research, Society and Development*, v. 10, n.4, e49710414355, 2021.
- DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, v.64, n.4, p.319-325, 2008.
- EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2019. A Embrapa... Unidades- Embrapa no Brasil... Unidades... Embrapa Florestal... A Unidade... Tecnologia Florestal... Eucalipto. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto>. Acesso em: 10 jun 2021.
- FERNANDES, E. da V. **Influência do Glyphosate na sorção do fósforo em solos do Norte de Mato Grosso**. 2018. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2018.

- FRANÇA, J. S. **Preparos do solo para eucalipto em segunda rotação: propriedades físicas e químicas e crescimento inicial**. 2017. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, Santa Maria, 2017.
- GARAU, A. M. et al. Weeds in *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii* (F. Muell) establishment: effects of competition on sapling growth and survivorship. **New Forests**, v. 37, n. 3, p. 251-264, may 2009.
- GOMES, G.L.G.C.; CARBONARI C.A.; VELINI, E.D.; TRINDADE, M.L.B.; SILVA, J.R.M; Extraction and Simultaneous Determination of Glyphosate, AMPA and Compounds of the Shikimic Acid Pathway in Plants. **Planta daninha**. v.33 n.2. 2015.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Florestais. *In.*: VAN RAIJ, B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 247-259.
- HAKAMADA, R.E.; ARTHUR JUNIOR, J.C.; GONÇALVES, J.L.M.; PULITTO, A.P. Levantamento sobre o manejo de plantas daninhas. *In.*: Reunião técnico-científica do PTSM, 40., 2010, Campo Grande. **Anais...** p.44-64.
- IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório Anual. 80 p. 2019.
- IBGE. PEVS – Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2019. BRASIL: IBGE, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2019>. Acesso em: 11 mai. 2021.
- KANEKO, J. A.; DE LIMA, S. F.; DE LIMA, A. P. L.; MARTINS, S. M. Fitossociologia de plantas daninhas em eucalipto clonal com diferentes espaçamentos. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 6, p. 2021-2036, 2018.
- KELLISON, R. C.; LEA, R.; MARSH, P. Introduction of *Eucalyptus* spp. into the United States with special emphasis on the southern United States. **International Journal of Forestry Research**, v.13, 9 p., 2013.
- KOGER, C. H., SHANER, D. L., KRUTZ, L. J., WALKER, T. W., BUEHRING, N., HENRY, W. B., WILCUT, J. W. Rice (*Oryza sativa*) response to drift rates of glyphosate. **Pest Management Science**, v.61, n.12, p. 1161–1167, 2005.
- MACHADO, A.F.L.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, L.D.T.; SANTOS, J.B.; FERREIRA, F.A.; VIANA, R.G. Absorção, translocação e exsudação radicular de glyphosate em clones de eucalipto. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 549-554,2009.
- MACHADO, M. S.; FERREIRA, L. R.; PEREIRA, G. A. M.; DE PAULA, J. L.; DA PAIXÃO, G. P.; DE FREITAS, P. H. M. Fertiactyl Pós® como protetor do eucalipto submetido à aplicação de glyphosate. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 194-201, 2017.
- MEDEIROS, W. N.; MELO, C. A. D.; TIBURCIO, R. A. S.; SILVA, G. S. D.; 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, p. 147-157, 2016.
- MESCHEDE, D.K.; VELINI, E.D.; TONIN, F.G.; CARBONARI, C.A. Alterações no metabolismo da cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores. **Planta daninha** v.30 n.1. 2012.

- MILES, C.J.; MOYE, H.A. Extraction of glyphosate herbicide from soil and clay minerals and determination of residues in soils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.36, p.486-491, 1988.
- MODEL, N.S.; ANGHINONI, I. Resposta do milho a modos de aplicação de adubos e técnicas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, n.1, p.55-59, 1992.
- MOLEDO, J. C.; SAAD, A. R.; DALMAS, F. B.; ARRUDA, R. D. O. M.; CASADO, F. Impactos ambientais relativos à silvicultura de eucalipto: uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. **Geociências**, v. 35, n. 4, p. 512-530, 2016.
- MONQUERO, P.A. CHRISTOFFOLETI, P.J., OSUNA, M.D. e DE PRADO, R.A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004
- MOTTA, D.; SILVA, W. F. da; DINIZ, E. N. Rentabilidade na plantação do eucalipto. In: VII SIMPÓSIO EM EXCELÊNCIA DE GESTÃO EM TECNOLOGIA (SEGeT). 2010. p. 1- 13. Rio de Janeiro. 2010.
- OBOJSKA, A.; TERNANA, N.G.; LEJCZAK, B.; KAFARSKI, P. & MCMULLAN, P. Organophosphate utilization by the thermophile *Geobacillus caldoxylosilyticus* T20. **Appl. Environ. Microbiol.**, 68:2081-2084, 2002.
- OSIECKA, A.; MINOGUE, P.J. Sequential sulfometuron methyl applications in *Eucalyptus benthamii* plantations. **Weed Technology**, v.29, p.243-254, 2015.
- PEREIRA, F. C. M.; ALVES, P. L. da C. A. Herbicidas para o controle de plantas daninhas em eucalipto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 4, p. 333-347, 2015.
- PEREIRA, F. C. M.; BARROSO, A. A. M.; ALBRECHT, A. J. P.; ALVES, P. L. C. A. Interferência de plantas daninhas: conceitos e exemplos na cultura do eucalipto. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama. v. 3, n. especial, p. 236-255, 2014.
- PEREIRA, F.C.M. **Efeitos do glyphosate e do fósforo em eucalipto**. 2016. 183 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.
- PEREIRA, F. C. M.; TAYENGWA, R.; ALVES, P. L. D. C. A.; PEER, W. A. Phosphate status affects phosphate transporter expression and glyphosate uptake and transport in grand eucalyptus (*Eucalyptus grandis*). **Weed Science**, v. 67, p. 29–40, 2019.
- PEREIRA, F. C. M.; NEPOMUCENO, M. P.; PIRES, R. N.; PARREIRA, M. C.; ALVES, P. L. da C. A. Response of eucalyptus (*Eucalyptus urograndis*) plants at different doses of glyphosate. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.1, p. 66-74, 2013.
- PICCOLO, A.; CELANO, G.; CONTE, P. Adsorption of glyphosate by humic substances. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p.2442-2446, 1996.
- PINTO JUNIOR, J.E.; SILVA, H.D.; AHRENS, S. **Aspectos socioeconômicos, ambientais e legais da eucaliptocultura**. Embrapa Florestas, Sistema de Produção, 4 ed. 2014. Disponível: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 26 setembro 2019.

- PITELLI, R A.; MARCHI, S. R. Interferência das plantas invasoras nas áreas de reflorestamento. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 3, Belo Horizonte, 1991. **Anais...** Belo Horizonte, 1991.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; ROQUE, C.G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25,n.1, p.85-92, 2001.
- PRATA, F.; do BRASIL CARDINALI, V. C.; LAVORENTI, A.; TORNISIELO, V. L.; REGITANO, J. B. Sorção e dessorção de glyphosate em solos com distintos níveis de fósforo. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 175-180, 2003.
- PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J.B.; TORNISIELO, V.L. Influência da matéria orgânica na sorção e dessorção do glyphosate em solos com diferentes atributos mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.947-951, 2000.
- PRESTON, C.; WAKELIN, A. M. Resistance to glyphosate from altered herbicide translocation patterns. **Pest Management Science**, v. 64, p. 372-376, 2008.
- REZENDE, E. H.; SOUSA, N.; BATISTA, A. C.; GIONGO, M. Fitossociologia de plantas daninhas em áreas de implantação e reforma de eucalipto. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 30, 2019.
- RODRIGUES, L. R. S. **Micropropagação e avaliação do enraizamento in vitro de diferentes genótipos de eucalipto**. 2020. 83f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Biotecnologia Vegetal) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2020.
- SANTOS, L.D.T.; SIQUEIRA, C.H.; BARROS, N.F.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; MACHADO, A.F.L. Crescimento e concentração de nutrientes na parte aérea de eucalipto sob efeito da deriva do glyphosate. **Cerne**, v.13, n.4, p. 347-352, 2007.
- SANTOS, G.A. Deriva simulada de glyphosate em plantas adultas de guaranazeiro e dinâmica da produção de frutos, metilxantinas e polifenóis. 2019
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.
- SERRA, A. P.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V.; FERREIRA, A. **Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto**. Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE), 2019.
- SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MAIOMONIRODELLA, R.C.S. Allelopathic effect of weeds and concentrations of *Brachiaria decumbens* on the initial development of eucalyptus (*Eucalyptus grandis*). **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.343- 354, 2003.
- SOUZA, M. C. de; ALVES, P. L. DA C. A.; SALGADO, T. P. Interferência da comunidade infestante sobre plantas de *Eucalyptus grandis* de segundo corte. **Scientia Forestalis**,v. 38, n. 85, p. 63-71, 2010.
- SPRANKLE, P.; MEGGIT, W.; PENNER, D. Rapid inactivation of glyphosate in the soil. *Weed Science*, Chichester, v. 23, p. 224-228, 1975a. SPRANKLE, P.; MEGGIT, W.; PENNER, D. Adsorption, mobility and microbial degradation of glyphosate in soil. *Weed Science*, Chichester, v. 23, p. 229-234, 1975.

- TEJADA, M. Evolution of soil biological properties after addition of glyphosate, diflufenican and glyphosate+diflufenican herbicides. **Chemosphere**, 76:365-373, 2009.
- 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.; 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.; NEVES GRAÇA, R.; ALFENAS, A.C.; FERREIRA, F.A.; ODA, S. Glyphosate sobre a resistência à ferrugem (*Puccinia psidii*) do eucalipto. **Planta daninha**. v.25. n.1. 2007.
- VALVERDE, S. R. Plantações de eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, v. 18, n. 107, p. 130, 2007.
- VECHI, A. de; JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira Magalhães. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. **Revista Valore**, v. 3, n. 1, p. 495-507, 2018.
- VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. 496p.
- WOCH, R. Manejo de plantas daninhas em florestas plantadas. In: Encontro Brasileiro de Silvicultura, 3., 2014, Campinas. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, v. 1.
- YAMADA, T.; CASTRO, PR de C. Efeitos do glyphosate nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **Informações Agronômicas**, v. 119, p. 1-32, 2007.
- ZAVARIZ, A.; BERRYHILL, Q. T. A.; GUIMARÃES, E. T.; PEREIRA, F. A. C. A utilização de glyphosate no cultivo de café, um estudo epistemológico. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.6, p.36046-36058, 2020.
- ZHONG, G.; WU, Z.; LIU, N.; YIN, J. Phosphate alleviation of glyphosate-induced toxicity in *Hydrocharis dubia* (Bl.) Backer. **Aquat. Toxicol.** 201, p. 91–98, 2018.